ORSAY
Série A, N°
N° d'ordre
194

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

pour obtenir le titre de Docteur
d'Université

spécialité :
géologie

mention :
pétrographie_
volcanologie

par

Emmanuel BERGER

LE VOLCANISME RÉCENT DE L'ARDÈCHE

soutenue le 16 février 1973 devant la commission d'examen

MM.

JURY

- R. BROUSSE président_rapporteur
- J. GOGUEL
- M. LEMOINE
- M. STEINBERG
- H. TAZIEFF

examinateurs

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

pour obtenir le titre de Docteur

d'Université

spécialité:
géologie

mention:
pétrographie-volcanologie

par

Emmanuel BERGER

LE VOLCANISME RÉCENT DE L'ARDÈCHE

soutenue le 16 février 1973 devant la commission d'examen

MM.

JURY

R. BROUSSE président-rapporteur

J. GOGUEL
M. LEMOINE
M. STEINBERG
H. TAZIEFF

examinateurs

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

1

2

3

1 - CALDEIRA DE LA VESTIDE DU PAL

2 - LE SUC DE BAUZON

3 - LA COUPE DE JAUJAC

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548016_0020

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS

RESUME

PREMIERE PARTIE - DESCRIPTION DES APPAREILS
- DESCRIPTION ET CHIMISME DES LAVES
- AGE DU VOLCANISME

CHAPITRE I - LA CALDEIRA DE LA VESTIDE DU PAL

I. INTRODUCTION 4

1°) Situation 4

2°) Unités distinguées 4

3°) Historique des études antérieures 5

II. DESCRIPTION DES DIFFERENTES UNITES 13

A. Les unités de l'extérieur de la Caldeira 13

1°) Le Suc de Pal 13

2°) Le Suc de Moulas 14

a- Le Suc de Moulas s.str. 15

b- Les pouzzolanes 15

c- La coulée basaltique 16

3°) La formation lacustre au Nord des Oulettes 17

4°) Les scories et la coulée bordant la N.536 20

5°) Le volcan du Chambon 20

Pages

a- Introduction 20
b- Les faits d'observation 24
. La coupe au niveau du goulot 24
. La coupe de la Pourseilles 24
. Les coupes à l'amont du Fau 27
c- Discussion des interprétations antérieures 30
. L'étude de Fabre 30
. Les interprétations de Bozon 33
d- Conclusion ; nature et chronologie relative des événements 33

B. La paroi granitique et la ceinture d'éboulis 34
a. La paroi granitique 34
b. La demi-ceinture d'éboulis 35

C. Les unités internes 35
Introduction 35
C.1. L'unité septentrionale et le plancher supérieur 35
C.2. La formation scoriacée du bord S.W. de la caldeira 36
C.3. Les unités reposant sur le plancher inférieur 37
a. Le pain de sucre septentrional (alt.1263m) 37
b. Le pain de sucre méridional (alt.1244 m) 37
c. L'éminence de la cote 1205 37
d. Le cône surbaissé (alt. 1218 m) 37
e. Les alluvions modernes 37

III. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES FORMATIONS RENCONTREES 38
A. Les projections 38

Pages

A.1. La formation du Pal 38
1. Description macroscopique 38
2. Etude en lames minces 39
2.1. Etude qualitative 39
2.2. Analyses modales 41
2.3. Conclusions 45

A.2. Les pouzzolanes, les scories grossières et les bombes 46
1. Les pouzzolanes 46
2. Les scories grossières 46
a. Description macroscopique
b. Etude en lames minces
3. Les bombes 46
a. Les bombes à la source de la Fontaulière 47
b. Les bombes du Chambon 47

B. Les lahars 48

C. Les basaltes 48
C.1. Les unités externes 48
1. Les basaltes enchassés dans les tufs de la formation du Pal 48
2. Les basaltes de l'unité de Moulas 57
3. Les formations du nord de la N.536 et du bord S.W. de la Caldeira 61
4. Les basaltes du Chambon 66
C.2. Les basaltes de la ceinture d'éboulis 75
C.3. Les unités internes 77
1. L'unité septentrionale 77

Pages

2. Les unités du plancher inférieur 79
- Le pain de Sucre septentrional 79
- Le pain de Sucre méridional 81

3. L'éminence de la cote 1205 83

IV. LES ENCLAVES 87

1. Enclaves homoeogènes 87

2. Les Nodules de Péridotites 87

3. Les enclaves enallogènes 87

CONCLUSION

A. Dynamisme et chronologie relative des phénomènes 91

1. La Vestide du Pal 91

2. Le Volcan du Chambon 91

3. Les lahars 91

B. Nature des produits du volcanisme et des enclaves 91

CHAPITRE II - LES VOLCANS DU BAUZON

INTRODUCTION 92

1°) Situation 92

2°) Historique des études antérieures 92

I. DESCRIPTION 95

1°) Le volcan de Narçon 95

2°) Le volcan de la Vestide du Barbonnet 97

3°) Le cône de la Serre de Reboul 97

4°) Le Suc de Bauzon et sa coulée 98

4a - Le Suc de Bauzon 98

4b - La coulée basaltique 100

Pages

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES PRODUITS DU VOLCANISME 101

1°) Le volcan de Narçon 101

Etude des basaltes en lames minces 101
- Le basalte du type 1 101
- Le basalte du type 2 102

2°) La Vestide du Barbonnet 103

Etude du basalte en lames minces 103

3°) Le cône de la Serre de Reboul 105

Etude du basalte en lames minces 105

4°) Le Suc de Bauzon et la coulée de la Loire 106

A- Le Suc de Bauzon 106

A a - Le basalte scoriacé du sommet du Suc 106
Etude en lames minces 106

A b - Le basalte de la coulée constituant la lèvre méridionale du cratère 107

Etude en lames minces 108

Le basalte à méga et phénocristaux d'augites 110

Etude en lames minces 110

B- La coulée de la Loire 110

Etude du basalte en lames minces 110

III. CHIMISME 112

IV. LES ENCLAVES 115

1°) Enclaves homoeogènes et nodules de péridotite 115
a- Enclaves homoeogènes 115
b- Nodules de Péridotite 115
2°) Enclaves enallogènes 116
Etude en lames minces 116

Pages

CONCLUSIONS

1) Sur le plan géologique 117

2) Sur le plan pétrogénétique 118

CHAPITRE III - LE VOLCAN DU RAY PIC

INTRODUCTION 119

1°) Situation 119

2°) Etudes antérieures 119

I. DESCRIPTION DE L'APPAREIL VOLCANIQUE ET DES FORMATIONS ASSOCIEES 120

1°) La Coupe du Ray Pic

2°) La coulée et le problème de l'unicité de l'épanchement 124

a. Description de la coulée 124

b. Une ou plusieurs coulées ? 124

3°) Les dépôts fluvio-lacustres de Vincent 127

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES BASALTES 128

1°) Etude en lames minces 128

a. Etude qualitative 128

b. Analyses modales 129

2°) Chimisme 132

III. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES TUFS 133

1°) Description macroscopique 133

2°) Etude en lames minces 133

a. Etude qualitative 133

b. Analyses modales 135

Pages

IV. ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA FORMATION DE VINCENT 136

1°) Description macroscopique 136

2°) Etude en lames minces 136

a. Etude qualitative 136

b. Etude quantitative 136

3°) Les augites en enclaves 136

CONCLUSION 140

1°) Dynamisme 140

2°) Les basaltes 140

3°) Age relatif 140

CHAPITRE IV - LA GRAVENNE DE MONTPEZAT

INTRODUCTION 141

1°) Situation géographique 141

2°) Etudes antérieures 141

I. DESCRIPTION DE LA GRAVENNE ET DES FORMATIONS SEDIMENTAIRES ASSOCIEES 142

A. Les produits volcaniques 142

1. Le cône volcanique 142

2. Les coulées 146

a. La coulée principale 146

b. Les coulées de flanc 146

c. Les petites coulées tardives 148

B. Les formations sédimentaires, leurs relations avec le volcanisme 148

1. La formation lacustre de Rocher Noir 148

2. La formation de la Prairie 150

Pages

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES BASALTES 151

1. La coulée principale 151
a. Etude qualitative en lames minces 151
b. Analyses modales 151

2. Les coulées de flanc 155

a. Etude qualitative en lames minces 155
b. Analyse modale 156

3. Les coulées ankaramitiques tardives 156

a. Etude qualitative en lames minces 157
b. Analyses modales 158

III. CHIMISME DES BASALTES 159

CONCLUSIONS 160

- Nature du volcanisme 160
- Age relatif 160

CHAPITRE V - LA GRAVENNE DE THUEYTS

INTRODUCTION 161

I. DESCRIPTION 161

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DU BASALTE 164

1°) Le basalte des niveaux scoriacés 164
Etude en lame mince 164

2°) Le basalte de la coulée 165
Etude en lame mince 165

III. CHIMISME DU BASALTE 168

IV. POUZZOLANES ET POUZZOLANICITE 169

V. LES ENCLAVES 173

I°) Les nodules de péridotites et les enclaves homoeogènes 173

Pages

1a - Les nodules de péridotites 173

1b - Les enclaves homoeogènes 174

2°) Les enclaves enallogènes 174

CONCLUSION 174

CHAPITRE VI - LE VOLCAN STROMBOLIEN DU SOUILLOL

INTRODUCTION 175

1°) Situation 175

2°) Historique des études antérieures 175

I. DESCRIPTION 180

1°) Le sommet actuel 180

2°) Les alternances de coulées et de projection 180

3°) Les deux coulées de vallées 181

a- La coulée de Neyrac 181

b- La coulée de Lignon 181

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES LAVES 185

1°) Les laves cordées du bouchon sommital 185

2°) Les laves en intercalation avec des scories 187

3°) Les laves des deux coulées de vallées 187

a- La coulée de Neyrac (vallée de l'Ardèche) 187

b- La coulée de la vallée de Lignon 188

III CHIMISME DES LAVES 190

IV. LES ENCLAVES 192

1°) Les enclaves du socle 192

2°) Les nodules de péridotite 192

CONCLUSION 193

Pages

CHAPITRE VII - LA COUPE DE JAUJAC

INTRODUCTION 194

I. DESCRIPTION 194

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES LAVES 197

A - La Pouzzolane 198

1°) Description 198

2°) Etude en lames minces 198

B - Le Basalte scoriacé 199

1°) Description 199

2°) Etude en lames minces 199

C - Le Basalte de la coulée 200

1°) Description 200

2°) Etude en lames minces 200

III. LES ENCLAVES 201

1°) Enclaves homoeogènes et consanguines 201

1a - Agglomérats 201

1b - Péridotites 202

2°) Enclaves enallogènes 202

2a - Enclaves du socle migmatitique 202

2b - Enclaves de stéphanien 202

CONCLUSION 203

CHAPITRE VIII - LE VOLCAN STROMBOLIEN DU PIC DE L'ETOILE

INTRODUCTION 204

1°) Situation géographique 204

2°) Etudes antérieures 204

Pages

I. DESCRIPTION 205

1°) La coupe 205

2°) La coulée 205

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES BASALTES 205

Etude en lames minces 208

a. Etude qualitative 208

b. Analyses modales 208

III. CHIMISME DES BASALTES 211

IV. LES ENCLAVES 212

1°) Les enclaves de socle 212

2°) Les nodules de péridotites 212

3°) Les ferropargasites 212

CONCLUSION 213

1°) La dynamique du volcanisme 213

2°) Nature des produits émis 213

CHAPITRE IX - LA COUPE D'AIZAC

INTRODUCTION : Situation 214

I. DESCRIPTION 214

1°) La coupe proprement dite 214

2°) La coulée basaltique 214

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DU BASALTE 215

Etude en lames minces 215

III. CHIMISME 218

Pages

IV. LES ENCLAVES 221

1°) Enclaves homoeogènes 221

2°) Enclaves enallogènes 221

CONCLUSION

CHAPITRE X - LE NECK DE CRAU

I. DESCRIPTION 222

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA LAVE 223

III. CHIMISME 227

IV. LES ENCLAVES 228

1°) Les nodules de péridotites et les enclaves homoeogènes 228

- Les péridotites 228
- Les enclaves homoeogènes 228

2°) Enclaves enallogènes 228

CONCLUSION 229

CHAPITRE XI - DYNAMISME ET AGE DES APPAREILS ETUDIES

I. DYNAMISME DES APPAREILS 230

II. AGE DU VOLCANISME 231

1. Données radiométriques 231

2. Données du paléomagnétisme 231

3. Chronologie relative 244

Monsieur le Professeur BROUSSE, chez qui j'avais effectué mon Diplôme d'Etudes Supérieures, a bien voulu me confier le lever géologique des volcans récents de l'Ardèche alors que j'étais enseignant au lycée de Blois.

Après un court passage, dont je garde le meilleur souvenir, au laboratoire de Monsieur le Professeur AUBOIN, ma nomination au poste de chef de travaux pratiques au laboratoire de géologie appliquée de l'E.N.S.M.P. m'a d'abord conduit à d'autres préoccupations puis à l'abandon d'un sujet alors à peine abordé.

Mon affectation ultérieure, en mai 1971, au laboratoire de géologie générale de la même Ecole m'a permis, grâce à la compréhension de la Direction et de Messieurs les professeurs GOGUEL et LEMOINE, de reprendre un travail ébauché quatre années auparavant et d'aboutir au présent Mémoire, encore que trop hâtivement à mon gré.

Au cours de cette brève période j'ai pu, avec l'accord de Messieurs MARION et PHAN, accéder à la microsonde électronique C.A.M.E.C.A. de l'E.N.S.M.P. Là, Mademoiselle Marie Claude FORETTE a déployé une compétence continue et souriante sans laquelle certains résultats, parmi les plus intéressants, n'auraient pu être obtenus. Qu'elle me permette de lui exprimer toute ma reconnaissance et mon désir de poursuivre en commun les recherches entreprises.

Monsieur N. BONHOMMET, maître-assistant à l'I.P.G. de Strasbourg, à l'issue d'une fructueuse campagne commune, a effectué les mesures de paléomagnétisme qui devaient mettre en évidence l'existence de deux périodes éruptives brèves dont Mademoiselle G. DELIBRIAS a déterminé les âges radiométriques.

Au cours de ces derniers mois mes nombreuses discussions avec M. FONTEILLES m'ont progressivement fait découvrir les multiples problèmes de la pétrographie et permis de mieux comprendre la manière de les aborder. Je n'ai pu malheureusement, dans le délai imparti à la réalisation de ce travail, tirer complètement profit de cette prise de conscience trop tardive.

Sans l'aide que m'ont apportée tous les techniciens du laboratoire, ce Mémoire n'aurait pu être mené à bien dans des délais voulus.

Madame REYMANN au cours de ces dernières semaines a consacré l'essentiel de son temps à mettre au point les légendes des dessins et des planches.

Mademoiselle CLAYE a préparé avec goût les documents photographiques.

Messieurs FARRIEU et PINAULT eurent maintes fois à réaliser des lames minces toujours urgentes.

Monsieur RAULO, sollicité à tout moment pour de multiples tâches matérielles, sut toujours les accomplir avec qualité et promptitude.

Je dois enfin au désintéressement de mes camarades et collègues B. BEAUDOIN, M. BOURBON, A. COADOU, P.C. De GRACIANSKI, D. HACCARD et M. PERRIN qui acceptèrent de mettre en attente bien des travaux urgents, d'avoir pu obtenir à temps une première frappe exécutée avec diligence par Mademoiselle BARBETTE.

Au cours de l'ultime phase, Madame LAURENTIAUX s'est astreinte à corriger systématiquement les imperfections du texte. Je lui en suis sincèrement reconnaissant.

Au dehors même du laboratoire les concours amicaux ne m'ont pas fait défaut.

Monsieur le professeur E. RAGUIN a bien voulu relire plusieurs chapitres de pétrographie et me faire part de ses observations.

Madame KALMIKOV, documentaliste au laboratoire de géologie minière, a traduit en Russe le résumé dont Madame A. CAPITANT a ensuite réalisé la frappe délicate. Monsieur F. KRAUT a obligeamment accepté de traduire ce résumé en Allemand. Que chacun accepte mes remerciements chaleureux ainsi que Mademoiselle BILLEREAU et Madame DROUARD qui m'ont rendu maints services.

Madame DURET, du laboratoire de pétrographie d'Orsay, m'a fourni de nombreuses analyses chimiques.

Enfin, je remercie Monsieur HAYET qui, au prix d'un rythme soutenu, a tiré le texte en peu de temps.

Malgré cette conjonction d'efforts j'ai conscience de présenter aujourd'hui, aux membres de mon jury, un mémoire imparfait et un travail que je considère comme inachevé.

Monsieur GOGUEL en acceptant de faire partie de ce jury m'accorde un honneur auquel je suis sensible. Mes tâches d'enseignement m'ont permis de le cotoyer à plusieurs reprises. Chaque fois les remarques pertinentes et brèves qu'il a formulées furent le point de départ d'une longue et utile réflexion.

Monsieur M. LEMOINE m'a d'abord encouragé puis incité à mettre un terme provisoire à ce travail qu'il a constamment suivi au cours de sa rédaction. Ses questions, bien souvent embarrassantes, m'ont permis d'éliminer bien des obscurités. Il a été pour moi un appui constant et j'apprécie tout particulièrement sa présence dans ce jury.

Monsieur M. STEINBERG, dont je fus l'un des premiers élèves alors qu'il était jeune assistant, est devenu un ami fidèle auquel je tenais à rendre hommage en le priant de faire partie de mon jury. Je le remercie d'avoir accepté en dépit de ses nombreuses et lourdes tâches.

Monsieur H. TAZIEFF me fit l'honneur de venir assister, il y a maintenant quatre ans, à un exposé présenté à l'E.N.S.M.P. Les trop brefs propos que nous échangeâmes alors me furent, bien plus tard, très utiles. Je le remercie sincèrement d'être présent aujourd'hui mais je regrette que les circonstances ne m'aient pas permis plus tôt de bénéficier de ses remarques.

Faute d'en avoir eu la possibilité, je n'ai pu profiter, autant qu'il eût été nécessaire, des conseils énergiques mais amicaux de Monsieur R. BROUSSE, qui m'a reçu avec chaleur. Il est venu à deux reprises sur le terrain, et l'excursion dont il a bien voulu me confier la responsabilité en 1972, m'a rendu grand service, grâce àux échanges de vue qu'elle a permis. J'ai aujourd'hui lbccasion de lui exprimer toute mon affection et mon amitié ; qu'il veuille bien m'excuser de le faire avec si peu de retenue.

Je ne saurais enfin oublier l'accueil chaleureux des Ardéchois et tout particulièrement des habitants de Montpezat, commune où je compte aujourd'hui de nombreux amis.

-:-

RESUME - 1

LE VOLCANISME RECENT DE L'ARDECHE

Le volcanisme récent de l'Ardèche comprend dix appareils isolés, implantés sur la partie orientale des Cévennes médianes et alignés suivant des directions Nord-Ouest - Sud-Est.

I - DYNAMISME ET AGE DU VOLCANISME

La plupart de ces appareils ont fonctionné à la manière de volcans stromboliens durant la totalité ou au moins la dernière partie de leur existence.

Le Suc de Bauzon (Nord-Ouest de Montpezat) qui est en fait chronologiquement le dernier d'une série de quatre appareils alignés du Sud au Nord (chap.II), la Coupe de Jaujac (chap.VII), le Pic de l'Etoile (Sommet de la Sapède, près de Labastide de Juvinas) (chap.VIII) et la Coupe d'Aizac (Nord d'Antraigues) (chap.IX) sont exclusivement stromboliens. Tous quatre ont été tardivement égueulés par une coulée de basalte de vallée.

Les autres appareils, bien que rattachés au type stromboliens, montrent cependant quelques particularités notables.

A la Gravenne de Thueyts (chap.V) la partie interne du cône est constituée quasi exclusivement de pouzzolanes.

Au volcan du Souillol (Sud de Neyrac) (chap.VI) se rencontrent des laves cordées et de véritables cheveux de Pélé, fait exceptionnel en France.

Le caractère strombolien est moins accusé à la Gravenne de Montpezat (chap.IV) où une coulée de lave précède la mise en place du cône, qui n'a fonctionné que tout à fait tardivement à la manière des volcans stromboliens.

Au volcan du Ray Pic (Nord de Burzet) (chap.III) une période vulcanienne précède la période strombolienne.

Le caractère vulcanien domine à la Vestide du Pal (Nord-Ouest de Montpezat) (chap.I) qui est une caldeira d'explosion où, après une phase d'effondrement, se sont mis en place cinq cônes tardifs.

Trois lahars, issus de la remobilisation des tufs de la Vestide du Pal, ont comblé la vallée de la Pourseille, sous un climat probablement périglaciaire, ainsi que le suggère l'existence de coulées de solifluxion contemporaines (formation de la Prairie à Montpezat).

La chronologie relative (chap.XI) de ces différents événements éruptifs peut être déduite des observations de terrain. C'est ainsi que l'examen des coulées superposées, dans la vallée de l'Ardèche, permet d'affirmer que les coulées du Ray Pic puis de la Gravenne de Montpezat puis du Souillol se sont succédées dans le temps.

D'autre part, les données du paléomagnétisme (chap.XI) mettent en évidence l'existence de deux périodes éruptives brèves

et bien distinctes. Les datations radiométriques par la méthode du ^{14}C situent ces deux épisodes à plus de 35 000 ans d'une part et à environ 11 800 ans d'autre part (chap.XI).

II - PETROLOGIE

La pétrologie des enclaves ne saurait être dissociée de celle des laves qui les contiennent et réciproquement, tant est riche d'enseignements l'observation de leurs réactions mutuelles.

Les enclaves énallogènes (chap.XIV) sont abondantes et leur variété souligne l'hétérogénéité du substratum cristallophyllien. La découverte de roches appartenant au faciès granulite, s'accorde bien avec le type de métamorphisme local.

Les enclaves homoeogènes (chap.XIII) sont pour l'essentiel, d'une part des cristaux isolés de salites (Vestide du Pal, Gravenne de Montpezat) et d'oxykaersutites (Pic de l'Etoile), d'autre part des pyroxénolites à spinelles (Vestide du Pal, Ray Pic).

Les nodules de péridotites (chap.XII) rencontrés sont pour la plupart des lherzolites à spinelles contenant souvent des pargasites considérées comme secondaires. Les minéraux de ces nodules ont fréquemment acquis une certaine orientation statistique ; une foliation nette, dont on sait qu'elle traduit l'existence de déformations plastiques au sein même du manteau, s'observe parfois.

Les données modernes de la pétrologie conduisent à situer le lieu de cristallisation de ces péridotites à une cinquantaine de kilomètres de profondeur, au sein du manteau supérieur. Cette

profondeur pourrait être celle de la chambre magmatique où ont d'abord séjourné les laves épanchées et les nodules seraient alors des produits de ramonage.

L'absence d'une grande chambre au niveau de l'écorce a peut-être interdit une différenciation poussée de ces laves à potentialités phonolitiques qui se sont presque toutes exprimées sous forme de basanitoïdes (Néphélinites). La présence, localement, de pyroxénolites à spinelles suggère alors un certain séjour dans de petites chambres relais intra-sialiques ; les laves peuvent dans ce cas tendre vers des labradorites (coulée initiale de la Gravenne de Montpezat).

Les réactions entre xénocristaux et basanitoïdes (chap.XV), suggèrent une possibilité de contamination et reflètent le caractère alcalin accusé des laves (chap.XI). C'est le cas en particulier de l'orthopyroxène qui recristallise en olivine puis s'armure parfois d'un cristal coaxial de salite. La composition de la couronne d'olivine est contrôlée par celle de l'orthopyroxène comme le montre la comparaison des olivines qui entourent l'hyperstène de norites (pôle Fe) et la bronzite des nodules de péridotites (pôle Mg).

En conclusion les laves récentes de l'Ardèche sont des basanitoïdes à caractère alcalin accusé dont l'origine est à rechercher dans la fusion partielle d'un niveau profond du manteau supérieur (plus de 300 kilomètres sans doute).

L'alignement des appareils, suivant une direction Nord-Ouest - Sud-Est, traduit l'existence d'accidents crustaux dont le moteur est peut-être à rechercher dans le manteau.

-:-

ABSTRACT - 1

Late Pleistocene Volcanism in Ardèche (France)

Late Pleistocene volcanism in the Ardèche area erected ten isolated volcanoes, which are situated on the eastern part of the median Cévennes (ESE part of the french Massif Central) and are lined up parallel to a North-West South-East direction.

I - Mechanisms of eruptions and age of volcanism.

Most of these volcanoes belonged to the strombolian type, during the whole or at least the last part of their activity.

The Suc de Bauzon (chap. II), Coupe de Jaujac (chap. VII), Pic de l'Etoile (chap. VIII) and Coupe d'Aizac (chap. IX) volcanoes were always of the strombolian type. At the very end of their activity, their craters were breached by a lava stream which flowed down in the adjacent valleys.

The other volcanoes though considered as belonging to the strombolian type, show also some original aspects.

The internal part of the cone of the Gravenne de Thueyts volcano (chap. V) is almost all made up of puzzolans.

True pahoéhoé lavas and Pélé hairs, the latter being very rare in France, are to be seen at the Souillol volcano (chap. V).

As for the Gravenne de Montpezat (chap. IV), a lava-stream preceded the erection of the volcanic cone.

The Ray Pic volcano (chap. III) had a vulcanian activity before becoming a strombolian volcano.

The Vestide du Pal (chap. I) is mainly a vulcanian explosion caldeira, where five late cones were built up after the collapse. Three lahars, made up with the Vestide du Pal tuffs, filled the Pourseille valley, under probably periglacial conditions, as supported by the evidence of coeval solifluxion streams.

The relative chronology of all these volcanic events can be deduced first from field observations. For example, superpositions of lava streams in the Ardèche valley induce the following succession : (1) the Ray Pic stream, (2) the Gravenne de Montpezat one (3) the Souillol lava-stream.

Two distinct and relatively short periods of volcanic activity can be deduced from paleomagnetic data. Radiocarbon studies give the respective ages of 35.000 years and approximately 11.800 years.

II - Petrologic studies

The petrology of xenoliths and cognate inclusions and that of the lava cannot be dealt with separately.

Xenoliths (chap. XIV) are numerous and their variety is related to the heterogeneous character of the underlying cristalline rocks. The discovery of rocks belonging to the granulite facies fits well with the type of regional metamorphism present in this part of the Massif Central.

Cognate inclusions (chap. XIII) are mainly isolated cristals of salite (Vestide du Pal, Gravenne de Montpezat) and of oxykaersutites (Pic de l'Etoile) on the one hand, and spinel-pyroxenolites (Vestide du Pal, Ray Pic) on the other hand.

The peridotite nodules all belong to the lherzolite facies. They often contain secondary pargasites. The minerals of these nodules are often statisticaly oriented. The observed fabric is known to indicate plastic deformations inside the upper mantle.

According to modern petrological data, the cristallisation of these peridotites took place at a 50 km. depth, in the upper mantle.

This depth was probably that of the magmatic chamber, and the peridotites nodules may have therefore originated from the walls.

This lavas although having a phonolitic potentiality, are nearly all basanitoïds, and therefore underwent practically no magmatic differentiation, a circumstance which may stem from the absence of a large chamber inside the Crust. However, the local presence of spinel-pyroxenolites suggests that the magma should have rested in small intra-sialic-chambers ; if such is the case the lavas may have evoluated to labradorites (cf initial stream of the Gravenne de Montpezat).

Reactions betwen xenocrysts and the basanitoïds (chap. XV) suggest the possibility of a contamination, and are related to marked alkali character of the magma (chap. XI). In particular the orthopyroxenes recrystallise into olivine and are occasionnally coated with coaxial salite cristals. The composition of the olivine corona is controlled by the composition of the orthopyroxene, as proved by comparing olivines that surround hyperstenes of norites (pole Fe) with that surround peridotite bronzites (Mg pole).

As a conclusion, it may be stated that these late Pleistocene Ardèche lavas are basanitoïds with a strong alkali character, whose origin is to be found in the partial melting of the upper mantle at a depth of 300 km. or more.

As these volcanoes are lined up along NW-SE trends, their presence may be related to crustal breaks of probably sub-crustal origin.

Zusammenfassung der von Herrn Emmanuel BERGER vorgelegten Universitätsdissertation

Die vorliegende Dissertation ist im Petrographischen Laboratorium von Orsay, unter der Leitung von Herrn Professor R. BROUSSE angefertigt worden.

Gegenstand : Der junge Vulkanismus der Ardèche

Der junge Vulkanismus der Ardèche umfasst zehn separate Vulkane, die im östlichen Teil der mittleren Cévennes eingepflanzt und in der Richtung Nordost - Südwest geordnet sind.

I. - DYNAMIK UND ALTER DES VULKANISMUS

Die Mehrzahl der in Frage kommenden Vulkane war während der ganzen Dauer oder zumindest am Ende ihrer Existenz nach Art der strombolischen Vulkane tätig.

Der Suc de Bauzon (nordwestlich von Montpezat) ist chronologisch der letzte in einer Reihe von vier Vulkanen (Kapitel II), zu welcher ausserdem die Coupe de Jaujac (Kapitel VII), der Pic de l'Etoile (Gipfel der Sapède, bei Labastide de Juvinas) (Kapitel VIII) und die Coupe d'Aizac (nördlich von Antraigues) (Kapitel IX) gehören. Sie sind ausschliesslich strombolisch. Alle vier erlitten in einem späten Zeitabschnitt einen Flankendurchbruch wobei sich ein Talbasaltstrom ergoss.

Obwohl sie ebenfalls vom strombolischen Typus sind, zeigen die anderen Vulkane einige bemerkenswerte Eigentümlichkeiten.

In der Gravenne de Thueyts (Kapitel V) wird der mittlere Teil des Kegels beinahe ausschliesslich von Puzzolanen gebildet.

Im Vulkan des Souillol (südlich von Neyrac) (Kapitel VI) findet man Seillaven und, einzig bekannter Fall in Frankreich, echtes Peles Haar.

Der strombolische Charakter ist weniger ausgeprägt in der Gravenne de Montpezat (Kapitel IV), wo ein Lavastrom der Entstehung des Kegels voranging. Dieser betätigte sich nur ganz spät nach strombolischem Model.

Am Ray Pic (nördlich von Burzet) (Kapitel III) die stromboli-sche Tätigkeit erfolgte nach einer vulkanischen Periode.

Der vulkanische Charakter überwiegt an der Vestide du Pal (nordwestlich von Montpezat) (Kapitel I), die eine Explosionscalde-ra ist. Nach einer Einsturzphase haben sich hier fünf späte Kegel gebildet.

Drei Lahars entstanden infolge der Wiederbewegung des Tuffs von la Vestide. Sie haben das Tal von la Pourseille ausgefüllt, wahrscheinlich unter periglacialem Klima, wie es die Existenz gleichaltriger Solifluxionslavaströme andeutet.

Die relative Chronologie (Kapitel XI) der verschiedenen Erup-tionsereignisse lässt sich aus Geländebeobachtungen ableiten. Die Prüfung der übereinanderliegenden Lavaströme im Ardèchetal gestat-tet uns für diese auf die Altersfolge Ray Pic - la Gravenne de Mont-pezat - Souillol zu schliessen.

Die paleomagnetischen Resultate zeigen ausserdem (Kapitel XI) das Vorhandensein von zwei kurzen und scharf getrennten Eruptions-perioden.

Nach radiometrischen Datierungen kann, durch die ^{14}C-Methode, der ersten dieser Episoden mehr als 35 000, der zweiten ungefähr II 800 Jahre zugeschrieben werden (Kapite XI).

II. - PETROLOGIE

Es wäre nicht angebracht die Petrologie der Einschlüsse von der der Laven, die sie enthalten, abzusondern, denn die Prüfung ihrer gegenseitigen Reaktionen erweist sich äusserst lehrreich.

Die ennalogenen Einschlüsse (Kapitel XIV) sind reichlich vor-handen. Durch ihre Verschiedenheit kommt die Mannigfaltigkeit des metamorphen Grundgebirges deutlich zum Ausdruck. Die Entdeckung von Gesteinen des Granulitfaziesist in gutem Einklang mit der Natur des lokalen Metamorphismus.

Die homoéogenen Einschlüsse (Kapitel XIII) sind in der Mehr-zahl entweder Einzelkristalle von Saliten (Vestide du Pal, Gravenne de Montpezat) und Oxykaersutiten (Pic de l'Etoile) oder Spinell-führende Pyroxenolite (Vestide du Pal, Ray Pic).

Die Peridotiteinschlüsse (Kapitel XIII) sind meistens Spinellführende Lherzolite; sie enthalten oft sekundäre Pargasite. Ihre Mineralien haben oft eine gewisse statistische Orientation erworben. Gelegentlich wird eine deutliche Schieferung beobachtet; sie ist von plastischen Deformationen im Erdmantel verursacht worden.

Die Angaben der modernen Petrologie lassen den Ort der Kristallisation dieser Peridotite in einer Tiefe von 50 Kilometern im oberen Mantel vermuten. Sie könnte die Tiefe der Magmakammer sein, in welcher sich die ergossenen Laven zuerst aufgehalten haben. In diesem Falle wären die Einschlüsse sozusagen Schlotreinigungsprodukte.

Die Abwesenheit einer grossen Magmakammer in der Kruste selbst hat vielleicht eine intensive Differentiation dieser potentiell phonolitischen Laven verhindert, deshalb sind sie, beinahe alle, als Basanitoide erstarrt. Auf Grund der spärlichen Spinellführenden Pyroxenolite kann man daher annehmen, dass die Laven eine gewisse Zeit in kleinen, im Sial gelegenen, Magmakammern verblieben, wo sie sich mehr oder weniger als Labradorite entwickelten. (Anfänglicher Lavastrom der Gravenne de Montpezat).

Die Reaktionen zwischen den fremden Kristallen und den Basanitoiden lassen die Möglichkeit einer Contamination zu. Sie lassen zugleich den stark alkalischen Charakter der Laven erkennen (Kapitel XI). In dieser Hinsicht kommt besonders der Orthopyroxen in Betracht, der als Olivin rekristallisiert und sich nachher mit einem gleichachsigen Salitkristall umgiebt. Die chemische Zusammensetzung des Olivinkranzes wird von der des Orthopyroxens bedingt. Man denke an die Olivinsäume des Hypersthens in den Noriten (Fe-Pol) und des Bronzits in den Peridotiten (Mg -Pol).

SCHLUSSFOLGERUNG : Die jungen Laven der Ardèche sind Basanitoide mit stark alkalischem Charakter, deren Ursprung in der partiellen Schmelzung einer tiefen Partie des oberen Mantels zu suchen ist.

Die geradlinige Anordnung Nordwest - Südost der Vulkane ist der Ausdruck von Schwächezonen oder Verwerfungen in der Kruste, deren Ursachen wahrscheinlich im Mantel ihren Sitz haben.

Содержание : Поздний вулканизм в Ардеше (Ardèche)

Поздний вулканизм в Ардеше (Ardèche) сложен десятком разных аппаратов, которые находятся на восточной части южных Севен (Cévennes) и расплагаются вдоль северо-западного и южно-восточного направлений.

1- ДИНАМИЗМ И ВОЗРАСТ ВУЛКАНИЗМА

Большая часть этих аппаратов имела поведения стромболических вулканов, за все или по крайней мере за последнюю часть их существования.

Сюк де Бозон (Suc de Bauzon) на северо-востоке от Монтпезата (Montpezat), который из серии четырех вулканов (гл.II) Куп де Жожак (Coupe de Jaujac) (гл.III), Пик де Етуаль (Pic de l'Etoile) вершина Сапеды (Sapède) около Лабастид де Жювинас (Labastide de Juvinas) (гл.VIII), и Куп де Езак (Coupe d'Aizac) на севере от Антреги (Antraigues) (гл.IX) все являются только стромболического типа. Все четыре были выравнены позднее литьём базальта долин.

Другие аппараты, хотя и связаны с стромболическим типом, показывают некоторые заметные странности.

У Гравенн де Тюец (Gravenne de Thueyts) (гл.V) нижняя часть конуса сложена почти только пуццоланами.

В вулкане Суиоль (Souillol), на юге от Нейрака (Neyrac), (гл.VI) встречаются сплетенные лавы и даже настоящие волосы Пеле очень редкие во Франции.

Стромболический характер менее заметен на Гравенн де Монтпезат (Gravenne de Montpezat) (гл.IV) где литьё лавы происходит до становления на место конуса , который начал действовать много позднее как стромболический вулкан.

На вулкане Ре Пик (Ray Pic) на севере от Бюрзета (Burzet) (гл.III) один вулканический период заметен до стромболического периода.

Вулканический характер преобладает в Вестид дю Пал (Vestide du Pal) на северо-западе от Монтпезат (гл.I), который является как разрывная кальдера, где, после фазы разрушения, встали на место пять поздних конусов.

Из переработки туф Вестиды дю Пал произошли три грязевых потока, которые заполнили долину Пурсей (Pourseilles) когда климат вероятно почти ледниковый, как об этом даёт предполагать существование теперешних отливок солифлюкции (образования луков у Монтпезата).

Относительная хронология (гл.X) этих разных изверженных происхождений может быть выведена из наблюдений на грунте. Рассмотр перекидающихся отливов, в долине Ардеше, позволяет сказать, что отливы Ре Пика, Граввенн де Монтпезата и Суйоля последовали один за другим.

С другой стороны, данные палеомагнетизма (гл.) показывают существование двух изверженных периодов, коротких и хорошо различных один от другого.

Радиометрические датирования, методом ^{14}C, показывают что эти два эпизода происходили, один 35 000, а другой 11 800 лет тому назад (гл. XI).

2- ПЕТРОЛОГИЯ

Петрология включений не может быть диссоциирована от петрологии лав которые их включают : наблюдения их реакций одни на другие очень важные.

Чужеродные включения, (гл. XIV) распространенны и их разновидность подчеркивает неоднородность сланцево-кристалического субстрата.

Открытие пород принадлежащих гранулитовой фации, соглашается с типом местного метаморфизма.

Гомоэогеные включения, (гл. XIII) главным образом сложены с одной стороны, одиночными хрусталями салита (Вестид дю Пал, Гравенн де Монтпезат) и окисленными каерсутитами, и с другой стороны пироксенолитами со шпинелем (Вестид дю Пал, Ре Пик).

Встреченные зерна перидотитов (гл. XII) бо́льшей частью являются как лерзолиты со шпинелем и включают, часто, вторичные паргаситы. Минералы этих конкреций часто имеют одну ориентировку. Иногда можно заметить ярко выраженную листоватасть, которая как мы знаем, подчеркивает существование пластических деформаций в недре самой мантии.

Современные данные петрологии позволяют узнать место кристаллизации этих перидотитов на пятьдесят километров глубины в недре верхней мантии.

Эта глубина будет та же что глубина магматичной камеры, где в начале пребывали лавы излияния и конкреции тогда были бы продуктами очистки.

Отсутствие большой камеры на уровне коры может не позволить четкое дифференцирование этих лав, потенциально-фонобазанитоиды.

Присутствие местное, пироксенолитов со шпинелями, оставляет думать о некоторой побывке в маленьких промежуточных между сиалицными камерах. Лавы могут в этом случае склоняться к лабрадоритам (первичная отливка Гравенн де Монтпезат).

Реакции между ксенохрусталами и базанитоидами (гл. XV) показывают возможность заражения и целочный характер четко видимый в лавах (гл. XI). Это есть как раз пример ортопироксена который кристаллизируваются в оливин, и принимает оболочку из соосного хрусталя салита.

Состав круга оливин контролируется составом ортопироксена как показывает сравнение оливин которые окружают гиперстен

норит (полюс Fe) и бронзиты перидотит (полюс Mg).

В заключение, поздние лавы в Ардеше являются как базанитоиды целочного характера, происхождение которых надо искать в частичном плавлений глубокого уровня верхней мантии.

Прямое расположение аппаратов вдоль одного направления Север-Запад-Юг-Восток, показывает существование нарушений коры, мотор которых надо вероятно искать в мантии.

LE VOLCANISME RECENT DE L'ARDECHE

PREMIERE PARTIE

- DESCRIPTION DES APPAREILS
- DESCRIPTION ET CHIMISME DES LAVES
- AGE DU VOLCANISME

INTRODUCTION

-:-

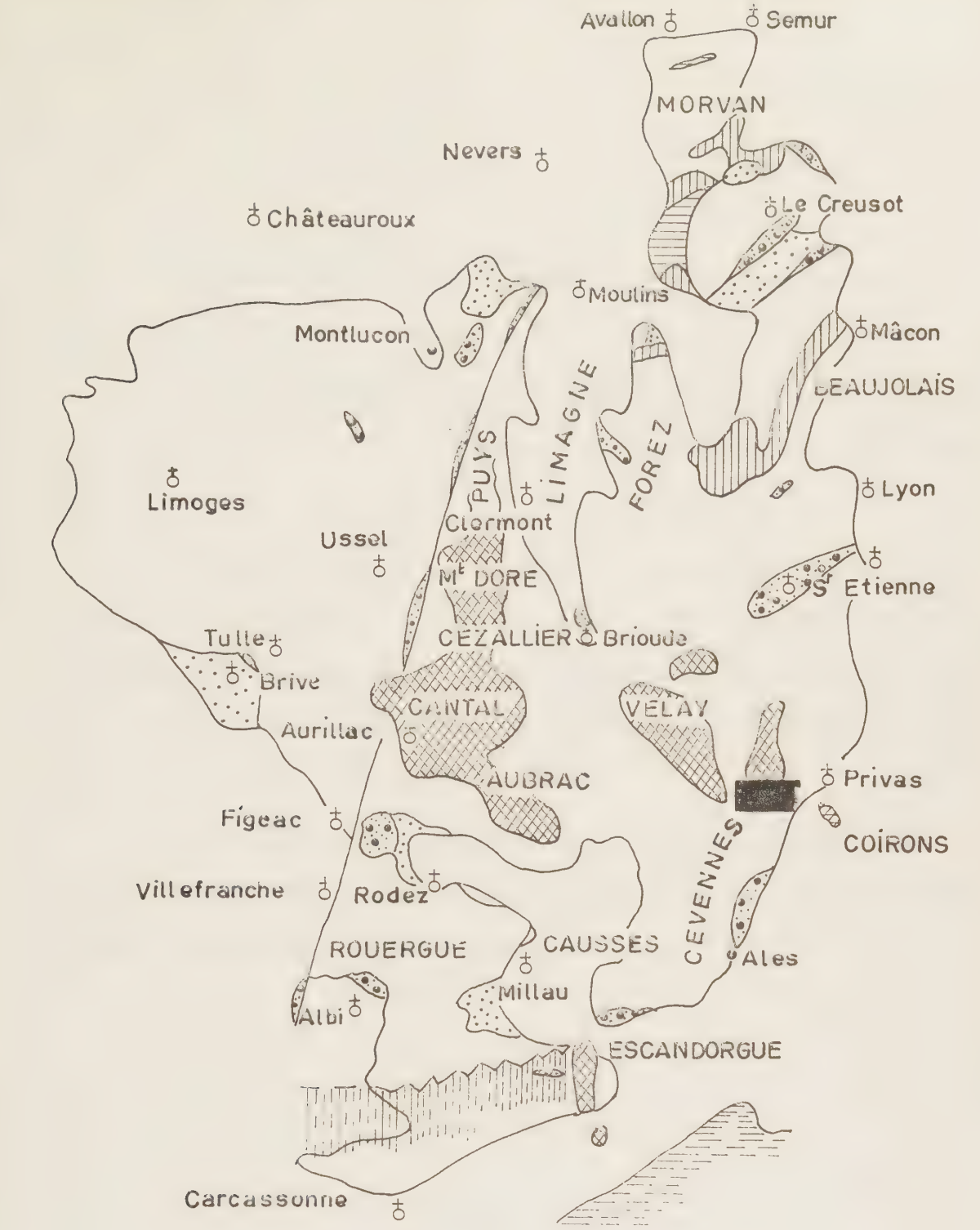
Le cadre géologique de la présente étude correspond à la moitié orientale des "Cévennes médianes" telles que les a définies WEISBROD (1967).

Les appareils volcaniques étudiés s'inscrivent à l'intérieur d'un rectangle de cinq cents kilomètres carrés, au Nord de la route N. 102 Le Puy-Montélimar. Tous sont implantés sur le socle cristallophyllien (1) à l'exception de la Coupe de Jaujac qui repose sur les assises stéphaniennes du bassin houiller de Prades-Jaujac (voir cartes hors-texte et carte géologique au 1/80 000e de Largentière, troisième édition, 1966).

L'état de fraîcheur remarquable de ces appareils volcaniques a attiré l'attention des premiers naturalistes qui se sont intéressés à la région puisque, bien qu'éteints, ces volcans furent reconnus dès le XVIIIe siècle (FAUJAS de SAINT FOND, 1778-1789 ; GIRAUD SOULAVIE, 1781). Par la suite BURAT (1833), THEOBALD (1847), FORBES (1850 ; 1853), et DALMAS (1852 ; 1856 ; 1872) ont consacré de belles pages à ces volcans auxquels

---

(1) Le socle antéstéphanien se trouve au carrefour de trois grandes unités :
au Sud les schistes épi et mésozonaux des Cévennes recoupés par des batholites granitiques,
au Centre un ensemble de roches cristallophylliennes catazonales,
au Nord le granite du Velay.



SITUATION DE LA RÉGION ETUDIÉE

P. BOZON (1963) a publié une étude morphologique de l'ensemble des formes volcaniques de l'Ardèche.

Toutes ces études ont été consacrées exclusivement à la morphologie des appareils. La pétrographie des laves, jamais étudiée jusqu'à présent, est abordée ici pour la première fois.

La première partie de ce mémoire est consacrée à l'étude de chacun des appareils du double point de vue géologique et pétrographique. Une attention toute spéciale est accordée à la caldeira de la Vestide du Pal. Les problèmes de chronologie sont examinés au terme de cette première partie.

La deuxième partie du mémoire traite des enclaves et de leurs réactions avec le basalte. Les problèmes de pétrogénèse sont examinés au terme de cette seconde partie.

I.1

CHAPITRE I

-:-

LA CALDEIRA DE LA VESTIDE DU PAL

-:-

I. INTRODUCTION

1°) Situation

La Caldeira de la Vestide du Pal est située à la limite des versants atlantique et méditerranéen, à mi-chemin du barrage de Lapalisse sur la Loire et de la commune de Montpezat, au bord même de la route N.536 (carte). Elle domine au Sud la commune de Rieutord.

2°) Unités distinguées

De l'intérieur vers l'extérieur on distingue :

- Cinq unités basaltiques reposant sur un plancher subcirculaire de 1700 mètres de diamètre. Ces cinq unités peuvent se subdiviser en :

  . Deux véritables "pains de sucre" (altitudes : 1263 mètres et 1244 mètres)

  . Un cône minuscule (altitude 1205 mètres)

  . Un cône surbaissé (altitude 1218 mètres)

  . Un appareil en forme de croissant (altitude 1241 mètres).

- L'ensemble précédent est encaissé au fond d'une cuvette de cent cinquante mètres de profondeur, à parois granitiques loca-

lement verticales (partie sud essentiellement).

Une brèche d'explosion, qui surmonte ces parois granitiques parfois masquées par des éboulis de pente, couronne les crêtes et culmine au Sud de Pal (1403 mètres). Elle sera désignée dans le texte sous le nom de formation du Pal.

- Localement, la formation du Pal laisse la place à des pouzzolanes (au Nord et à l'Est du Suc de Moulas (alt. 1362 mètres), à des coulées basaltiques (Ouest du Suc de Moulas) ou bien encore à des alternances de coulées et de projections scoriacées (Sud-Est du Lac Ferrand, près de la source de la Fontolière).

- Sur le flanc Sud de la Vestide du Pal, le cratère du Chambon se présente comme une cavité sub-circulaire de plus de soixante mètres de profondeur. Une puissante coulée basaltique est sortie de ce volcan aujourd'hui presque totalement détruit.

- Deux lahars recouvrent la coulée du Chambon. Ils se suivent jusqu'au delà du hameau du Fau où ils présentent une puissance maximum.

3°) Historique des études antérieures

BURAT A. (1833), LECOQ H. (1867), FABRE M. (1887) et enfin BOZON P. (1963) ont décrit, et généralement interprété cet appareil comme une caldeira.

- Pour BURAT (1833, p.277) "on ne peut attribuer qu'à des soulèvements la formation de ce cirque parfait ..."

- Pour LECOQ (1867, p.144) il s'agit d'un "cratère d'explosion".

CARTE SCHEMATIQUE DE LA VESTIDE DU PAL & DES VOLCANS DU BAUZON

Alluvions

Formation lacustre

Formation de pente

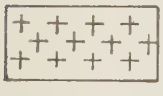
Coulées boueuses

Tufs stratifiés

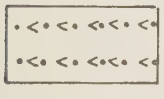
Pouzzolanes

Basaltes alveolaires

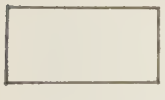
Basaltes scoriacés



Coulées basaltiques



Cônes stromboliens à matériel basaltique



Substratum

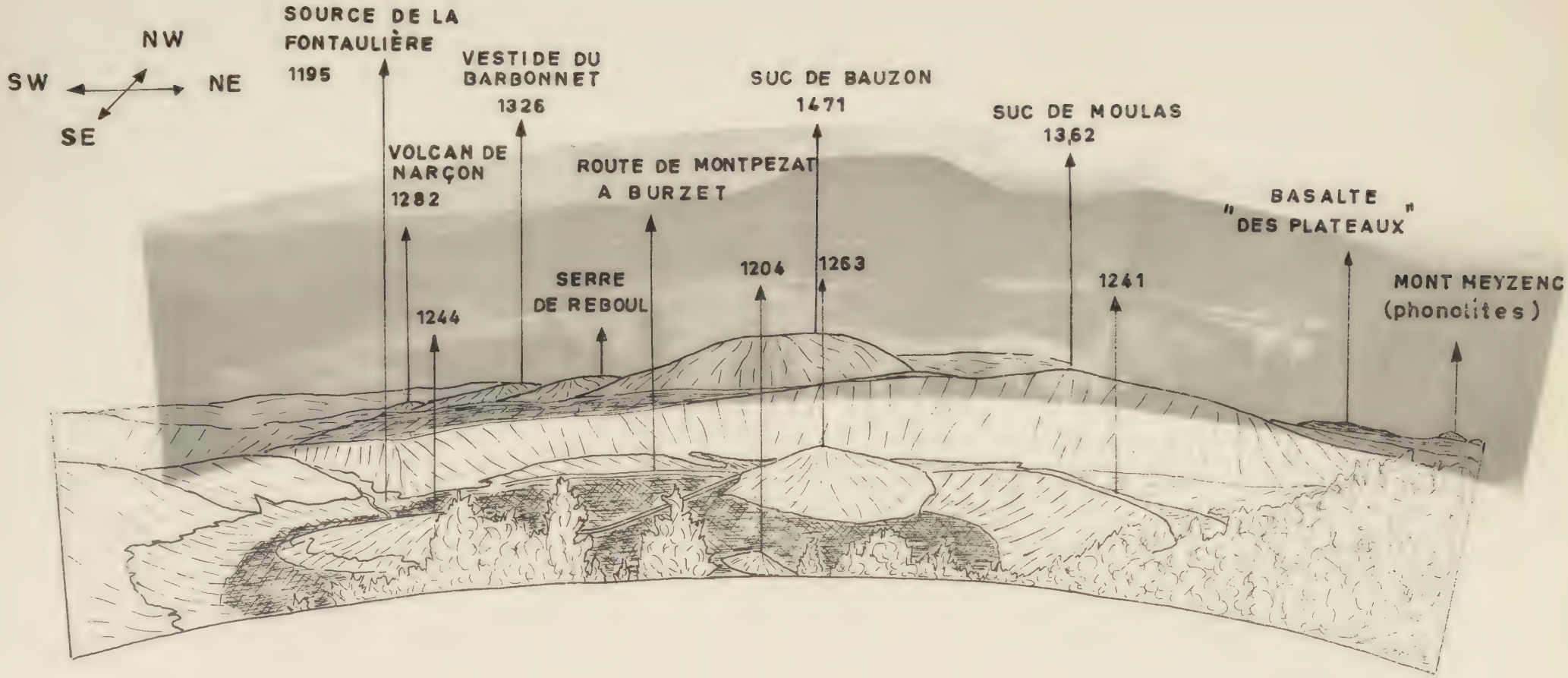
LA VESTIDE DU PAL ET LES VOLCANS DU BAUZON

Echelle : 1/25.000e

- Pour FABRE (1887, p.348) défenseur pourtant acharné des "cirques d'effondrement" il s'agit "d'un cirque qui doit reconnaître pour cause première de violentes explosions gazeuses".

- Pour BOZON (1963, p.620) les "produits d'explosion ne se montrent en aucun endroit" et la Caldeira peut s'interpréter comme un phénomène de subsidence qui "pourrait être en relation" avec l'érection du Bauzon".

En résumé les interprétations proposées sont fort différentes selon les auteurs : chacun s'accorde à voir ici une caldeira, mais les avis divergent quant à sa genèse. Nous décrirons dans ce chapitre les différentes unités distinguées et tenterons d'en établir la chronologie relative et le mode de mise en place.



CALDEIRA DE LA VESTIDE DU PAL

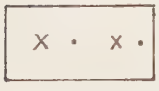
CALDEIRA DE LA VESTIDE DU PAL

CALDEIRA DE LA VESTIDE DU PAL

Faille visible

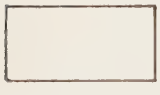
Faille supposée

Alluvions

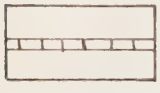


Brèche de pente

Tufs stratifiés du Suc de Pal.

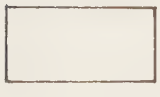


Dôme basaltique

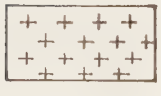


Coulée basaltique

Basaltes scoriacés et bombes à nodules de péridotites

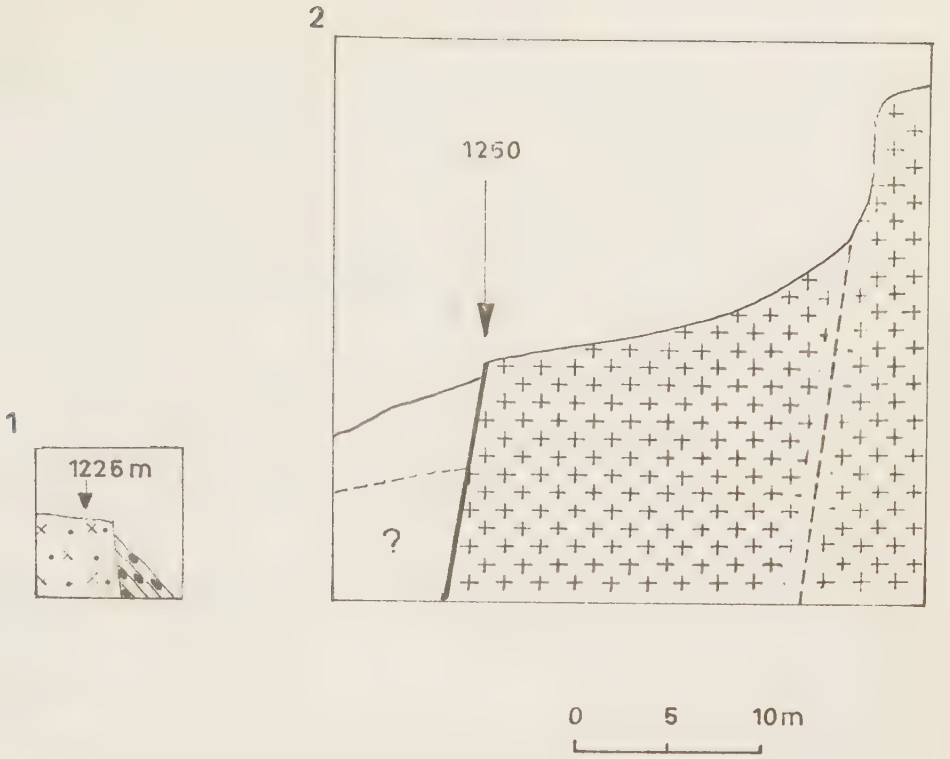


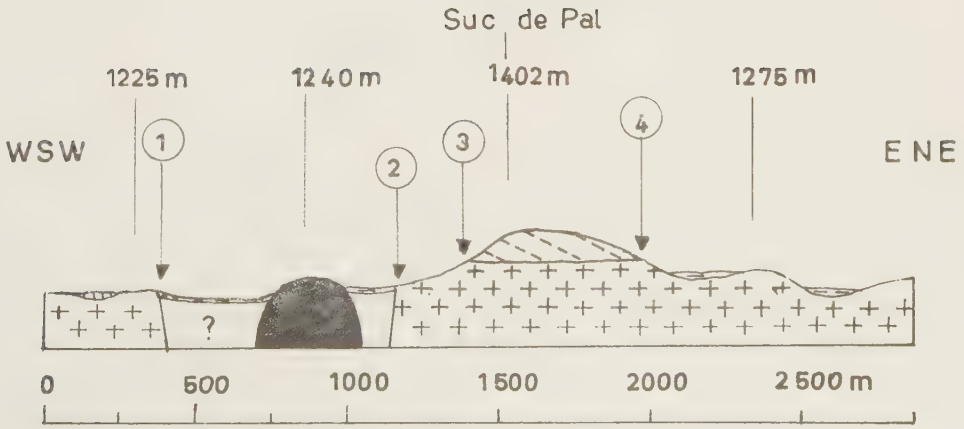
Caldeira : zone interne



Substratum

Coupe de la Vestide du Pal passant par le Suc de Pal et la source de la Fontolière.





Coupe de la Vestide du Pal passant par le Suc de Pal et la source de la Fontolière.

II. DESCRIPTION DES DIFFERENTES UNITES

La subdivision en unités externes et unités internes est purement géographique et quelque peu artificielle. Nous nous en tiendrons cependant à ce plan pour la clarté de l'exposé.

A - Les unités de l'extérieur de la Caldeira

1°) Le Suc du Pal

Le Suc du Pal culmine à 1405 mètres. Vu depuis la source de la Fontolière il se présente comme un sommet arrondi au flanc oriental particulièrement raviné. Le front raviné montre que le Sud de Pal est fait d'une formation claire et stratifiée. La trace frontale interne des strates est parfaitement horizontale, aussi la formation du Pal a-t-elle été parfois considérée comme d'origine sédimentaire (BOZON 1963, p.620). Cette interprétation se heurte pourtant d'emblée à des incompatibilités majeures. En effet, l'altitude du socle sous la formation du Pal est pratiquement la plus élevée que l'on rencontre dans un rayon de plusieurs centaines de mètres car nous sommes à cheval sur la ligne de partage des eaux. Interpréter la formation du Pal comme une formation lacustre est donc difficilement soutenable.

La coupe passant par le Suc du Pal et la source de la Fontolière montre que cette formation a un pendage général de 20 à 30 degrés vers l'extérieur de la caldeira. L'orientation du pendage, divergente depuis le centre de la Vestide, nous montre bien qu'il s'agit de projections volcaniques.

Sous le Suc du Pal la formation débute à la côte 1326 mètres ; compte tenu de son pendage et de son extension (voir carte) on peut estimer son épaisseur à environ cinq cents mètres.

Depuis la base jusqu'au sommet elle est faite d'une succession de lits granoclassés de quelques millimètres à plusieurs centimètres d'épaisseur dont les grains sont faiblement soudés. On passe de façon discontinue des lits grossiers aux lits à grains fins. La discontinuité entre les différents lits, la présence occasionnelle de petites discordances, de quelques ravinements et parfois même de stratification entrecroisée, évoque une activité rythmique entrecoupée de phases de repos.

Des blocs anguleux de toutes tailles, décimétriques à métriques, perturbent cette disposition régulière. Ce sont :

- des éléments variés du socle ;
- des nodules de péridotites ;
- des basaltes.

Notons enfin la présence de nombreux "cristal-lapili" d'olivine pouvant atteindre un centimètre dans leur plus grande dimension. Ces cristaux parfaitement automorphes, absolument pas usés, quelquefois brisés, confirment l'origine volcanique de la formation du Pal.

2°) Le Suc de Moulas

L'ensemble désigné ici sous le nom d'unité du Sud de Moulas comprend en fait trois termes que j'ai regroupés pour des raisons d'ordre purement géographique.

Le Suc de Moulas str·s. (altitude 1362 mètres) domine le rebord N.N.E. de la caldeira. Il est constitué à l'Ouest par une petite coulée basaltique (voir carte), à l'Est et au Nord par une puissante formation pouzzolanique.

a) Le Suc de Moulas s· stricto

Il est situé sur la ligne de partage des eaux. La présence de feuillus et de conifères, liée à une humidité importante, a favorisé la décomposition intense des éléments superficiels et contribué à la formation d'un épais sol de végétation. Les bons affleurements sont de ce fait quasi inexistants et il est difficile de caractériser systématiquement les projections du type "formation du Pal". Un bon affleurement existe toutefois quelques mètres sous le sommet, au Sud de la ferme de La Bessède. On y retrouve les mêmes éléments qu'au Suc de Pal, en particulier les "cristal-lapili" d'olivines. Cet affleurement présente cependant une teinte légèrement brunâtre due à une pollution en éléments humiques par les eaux infiltrées depuis la crête.

b) Les pouzzolanes

Dessinant une forme vaguement triangulaire, à pointe orientée vers le Nord, elles affleurent sur 1200 mètres environ d'Est en Ouest et sur 1500 mètres du Nord au Sud. Un important hiatus, probablement dû à l'action du ruisseau de Prat Sauvage, sépare la masse principale des placages qui s'élèvent, jusqu'à la cote 1220 mètres, au-dessus de la ferme de La Besse située 150 mètres à l'Est de Rieutord.

Il est possible que les pouzzolanes s'enfoncent sous la "formation du Pal". Néanmoins la présence quasi systématique de placages d'éboulis au contact ne permet pas de trancher. Il n'est donc pas impensable que ces pouzzolanes aient une provenance autre que la Vestide du Pal. En effet, on observe des pouzzolanes identiques en bordure Est et Sud des volcans de Narçon, de la Vestide du Barbonnet et de la Serre de Reboul. De plus j'ai trouvé des placages de pouzzolanes au Nord de Rieutord, en rive droite de la Loire, face au lieu dit "Le Pont". L'ensemble de ces pouzzolanes dessine un demi cercle centré sur le Suc de Bauzon. Ceci nous conduit à suggérer que la masse des pouzzolanes, que j'avais attribuée a priori à la Vestide du Pal, pourrait aussi bien provenir du Suc de Bauzon. Il convient par ailleurs de remarquer que le ruisseau des Eyridies à l'Ouest et le ruisseau de Prat Sauvage au Nord encadrent la masse des pouzzolanes dont la préservation est probablement due à la protection que leur confère l'éperon granitique situé au Sud de la Besse. Il résulte de ces observations que l'hypothèse d'une continuité initiale entre ces pouzzolanes et les produits du Bauzon n'est pas impossible.

c) <u>La coulée basaltique</u>

Il s'agit d'une petite coulée d'une trentaine de centimètres d'épaisseur, fortement disloquée. Elle est directement sur le socle et antérieure aux pouzzolanes qui d'ailleurs la recouvrent sans ambiguité. De rares bombes généralement brisées en parsèment la surface.

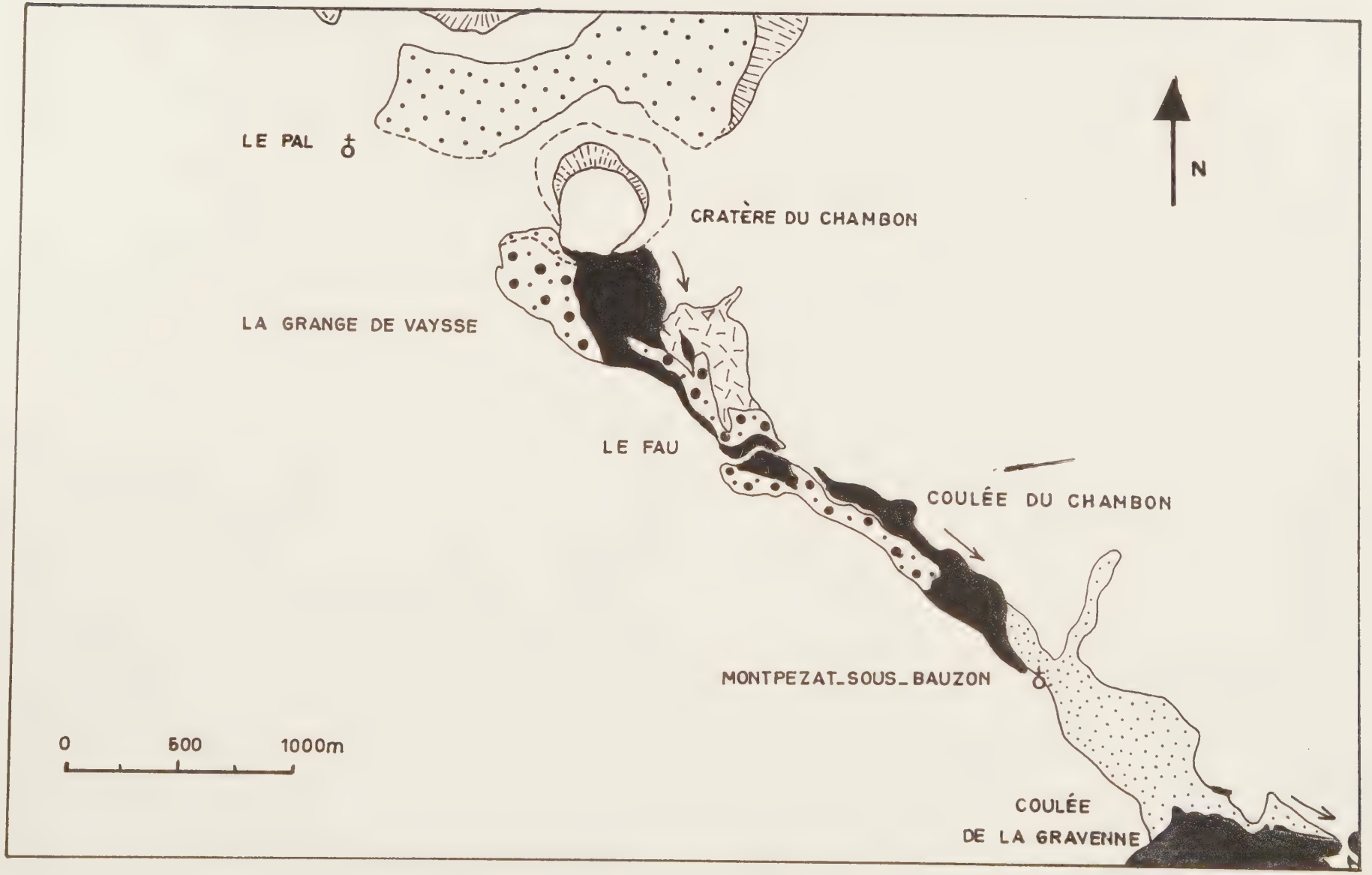
3°) La formation lacustre du Nord des Oulettes

Cette formation est située en partie à l'Ouest et pour l'essentiel au Nord du lieu dit "Les Oulettes". Elle s'étend sur 1 kilomètre du Nord au Sud et sur 500 mètres d'Ouest en Est (voir carte). Elle est encadrée par quatre buttes d'altitudes respectives 1259 mètres, 1273 mètres, 1275 mètres et 1277 mètres. Le fond de cette dépression aux contours irréguliers, est parfaitement plan ; l'altitude oscillant entre 1244 mètres et 1246 mètres.

L'origine de cette formation réside probablement dans l'érosion du Sud de Pal. Quelques ruisseaux intermittant y exercent, en s'enfonçant sur place, une érosion d'autant plus aisée que le matériel n'est pas consolidé. Le torrent de Prat Sauvage, au Nord, sert d'exutoire naturel aux eaux qui s'échappent péniblement de cette cuvette dont la flore à Carex hirta ... évoque un marais encore mal asséché. Les petits ravins entaillés dans cette formation sont larges, de quelques mètres au plus ; leur profondeur peut cependant atteindre 9 à 10 mètres et la pente des rives concaves dépasse fréquemment 40 degrés. Le tracé tout en méandres de ces ruisseaux indique clairement la difficulté initiale du drainage. Ceci explique l'absence de gros blocs dans cette formation, les éléments les plus gros atteignant exceptionnellement 5 à 6 centimètres. Observé en tranchée l'ensemble est lité et a une patine blanche. Les affleurements rajeunis ont une couleur brunâtre. Celle-ci s'explique par la richesse relative en pouzzolanes et en fragments scoriacés ; éléments caractérisés par leur faible den-

LE CHAMBON

RELATIONS AVEC LA VESTIDE DU PAL ET LA GRAVENNE DE MONTPEZAT



Formations de pente

Formation du Pal (tufs stratifiés)

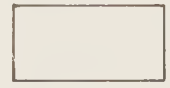
Lahars

Coulée de solifluxion

Scories grossières et pouzzolanes

Coulées basaltiques

Sens d'épanchement des coulées



Substratum

LE CHAMBON

RELATIONS AVEC LA VESTIDE DU PAL ET LA GRAVENNE DE MONTPEZAT

ECHELLE: 1/25.000

sité et donc triés par ruissellement. Ces scories et pouzzolanes coexistent avec des minéraux du socle généralement dissociés, de petits blocs basaltiques et des minéraux du volcanisme (olivines, augites brisées ...).

La profondeur actuelle des ravinements montre que la puissance de cette formation est supérieure à dix mètres. Une étude par sondage permettrait peut-être d'apporter quelque lumière sur l'âge de la caldeira car on peut supposer que des diatomites et des pollens pourraient, le cas échéant, être découverts.

4°) Les scories et la coulée bordant la N. 536

Cette formation, scoriacée pour l'essentiel, est située entre le lac Ferrand au N.W., le rebord Ouest de la caldeira à l'Est et la N. 536, qu'elle déborde légèrement, au Sud. Le dessin en est allongé (500 mètres du Nord au Sud sur 250 mètres d'Ouest en Est). Vers le Nord les affleurements sont discontinus car le placage initial y fut probablement très mince (quelques dizaines de centimètres tout au plus). En bordure de route le matériel volcanique a comblé une petite vallée et s'est empilé sur plusieurs mètres d'épaisseur. On y remarque une petite coulée de basalte massif non prismé.

5°) Le volcan du Chambon

a. Introduction

L'emplacement de ce qui fut le volcan du Chambon est situé sur le flanc méridional de la Vestide du Pal.

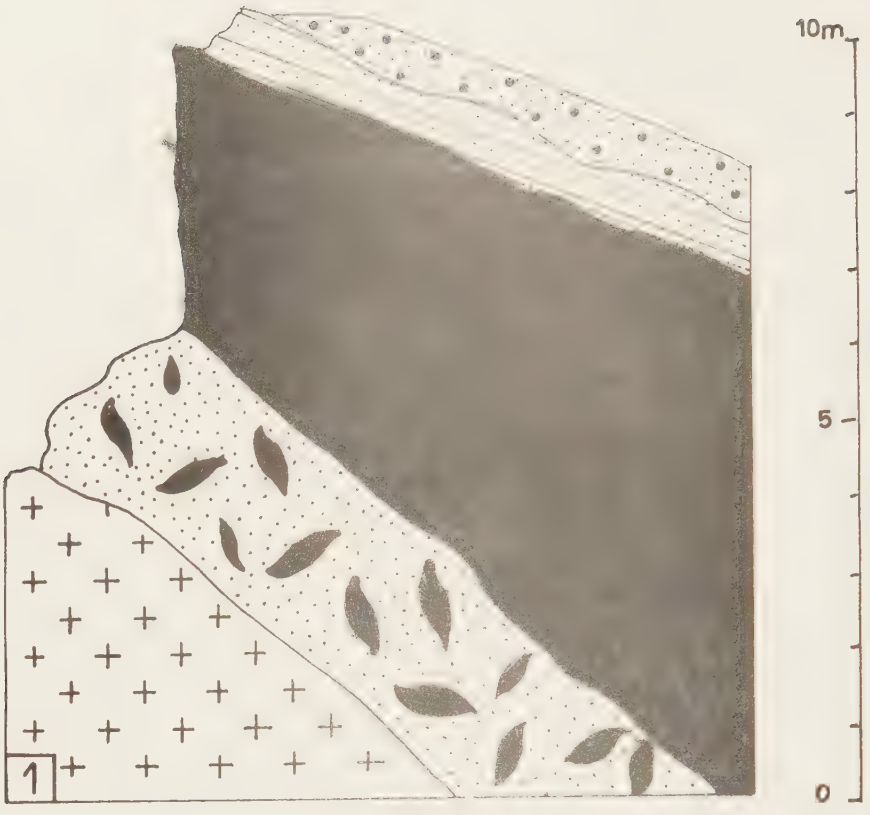
La destruction de cet appareil a été si importante que

P. BOZON écrit (1963, p.617) : "Ce volcan est sans doute très mal conservé, personne ne l'a décrit et nous n'avons pu le découvrir à l'emplacement indiqué sur la carte".

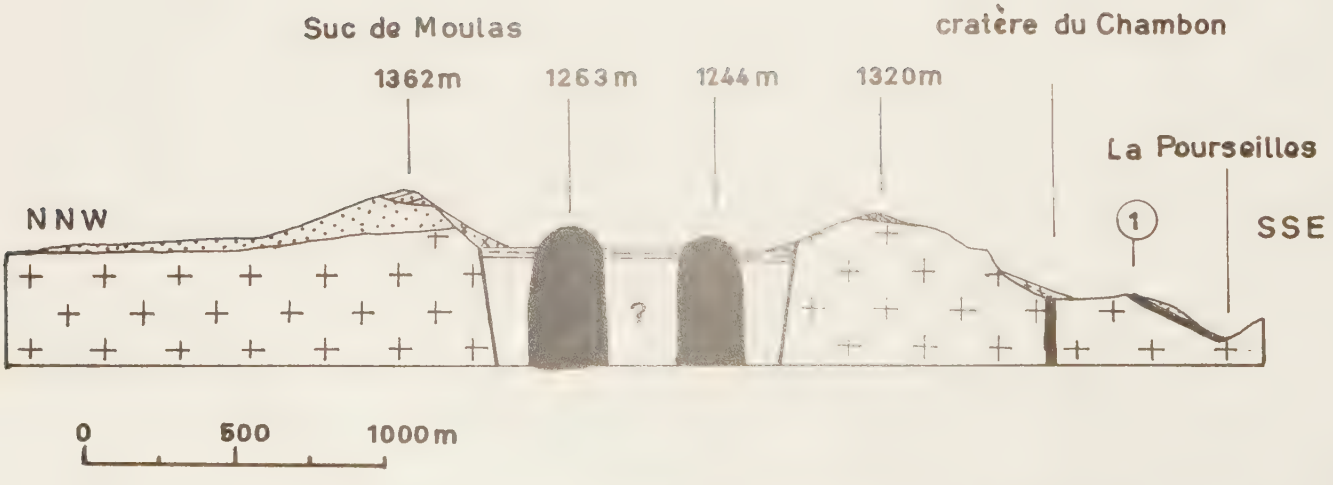
C'est évidemment l'impression que laisse une reconnaissance sommaire. Néanmoins ce volcan existe bien à l'endroit indiqué sur la carte géologique dès l'édition dressée par FABRE de 1875 à 1885. Ce dernier en a d'ailleurs donné une description. Il écrit: "On voit ... au milieu même des rochers granitiques, une sorte de conque, c'est une bouche latérale du grand cratère. Par cette bouche, dite du Chambon ..., s'est fait jour la véritable éruption lavique ..."

Le catère du Chambon est sub-circulaire (500 mètres du Nord au Sud sur 450 mètres d'Est en Ouest). La lèvre supérieure est à l'altitude de 1135 mètres et la lèvre inférieure à 1071 mètres. La coupe prenant en écharpe l'ensemble des structures de la Vestide du Pal montre bien que le Chambon fait partie de cet ensemble volcanique.

Les versants du cratère, particulièrement raides à l'amont sont adoucis et réduits à quelques mètres à l'aval. La profondeur du cratère (65 mètres) et l'absence de produits volcaniques sur la presque totalité de son pourtour nous ont conduit, à la suite d'une étude préliminaire, à suggérer que le Chambon était une caldeira d'explosion ou d'effondrement (R. BROUSSE et E. BERGER 1967, p.8).



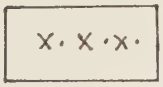
Coupe à l'entrée du cratère du Chambon



Coupe de la Vestide du Pal passant par le Suc de Moulas et le cratère du Chambon.

Failles

Alluvions



Brèches de pente

Tufs stratifiés (formation du Pal)

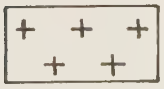
Lahars

Pouzzolanes

Basalte scoriacé, pouzzolanes et bombes

Basalte

Cheminée d'alimentation (supposée) du Chambon



Substratum

Coupe de la Vestide du Pal passant par le Suc de Moulas et le cratère du Chambon.

b. Les faits d'observation

Trois coupes, l'une faite au niveau du goulot aval du cratère, les deux autres faites à l'amont du village du Fau, permettent de reconstituer ce que fut l'histoire du Chambon.

. La coupe au niveau du goulot

La figure jointe est une synthèse des affleurements observés en rive droite du ruisseau du Chambon, au niveau même du goulot :

. On trouve à la base des scories et projections diverses que FABRE (1887, p.351) avait parfaitement bien vues : "... scories noires bulleuses, laves tordues, laves compactes, lappili, etc..."

. Une coulée basaltique, d'une dizaine de mètres de puissance, surmonte ces scories. Leur préservation, purement locale, est manifestement liée à la présence de cette coulée basaltique.

. Sur la coulée basaltique on retrouve quelques mètres de "formation du Pal" présentant les mêmes caractéristiques qu'aux Sucs de Pal et de Moulas ; les rythmes en particulier sont parfaitement visibles.

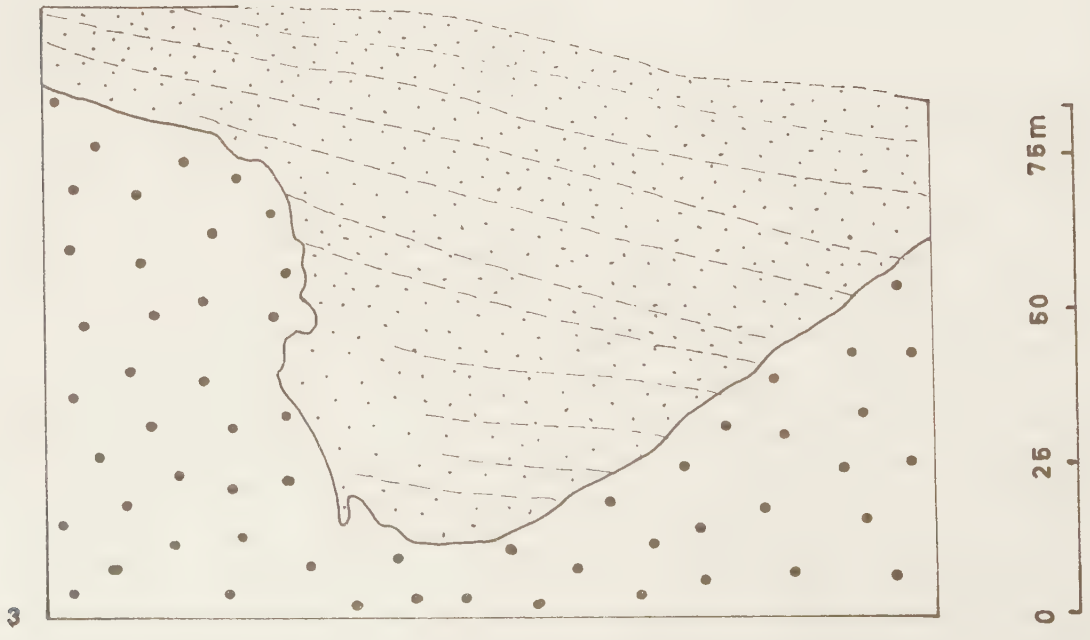
. Immédiatement au-dessus vient une formation faite du même matériel remanié où toute trace de rythmes a disparu : nous venons de voir qu'il s'agit de l'amorce d'une coulée boueuse.

. La coupe de la Pourseille

Il s'agit plus exactement d'un schéma effectué depuis le promontoire gneissique situé à la côte 910 mètres en rive droite de la Pourseille. Ce schéma nous montre :

1_2 : Croquis des formations situées en rive gauche de la Pourseille, à l'amont du Faud.

3- : Dessin d'après une photographie, rive gauche de la Pourseille.



RELATIONS ENTRE LES DIFFÉRENTES FORMATIONS
DU VOLCAN DU CHAMBON

Basalte

Basalte scoriacé et scories

Pouzzolanes

Lahar

RELATIONS ENTRE LES DIFFÉRENTES FORMATIONS

DU VOLCAN DU CHAMBON

- A la base des basaltes scoriacés (coulée ou plus probablement projections sur l'ancien flanc du volcan),

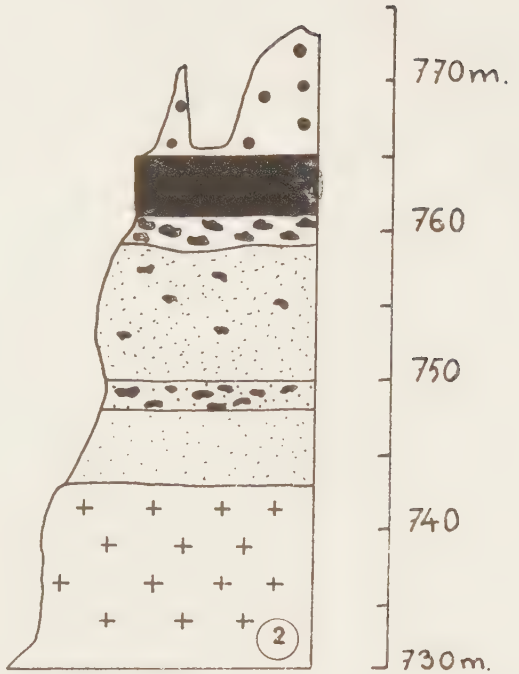
- Au-dessus une coulée de basalte massif sur laquelle repose une puissante coulée boueuse ,

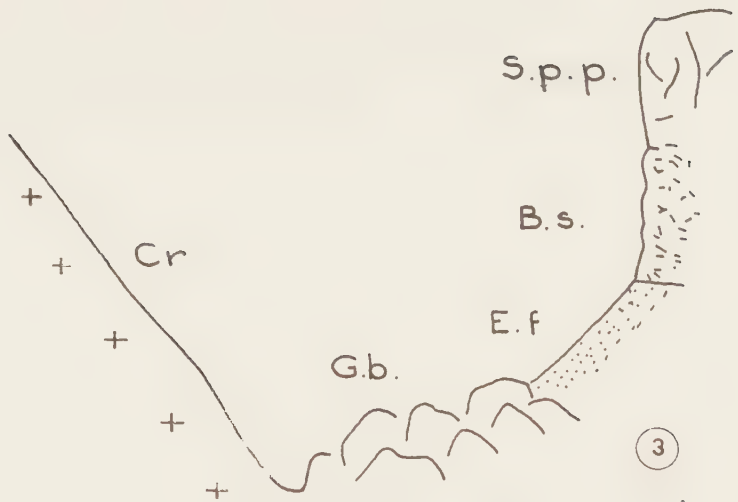
- Enfin, des pouzzolanes reposant indifféremment sur n'importe quelle formation.

. La coupe à l'amont immédiat du Fau

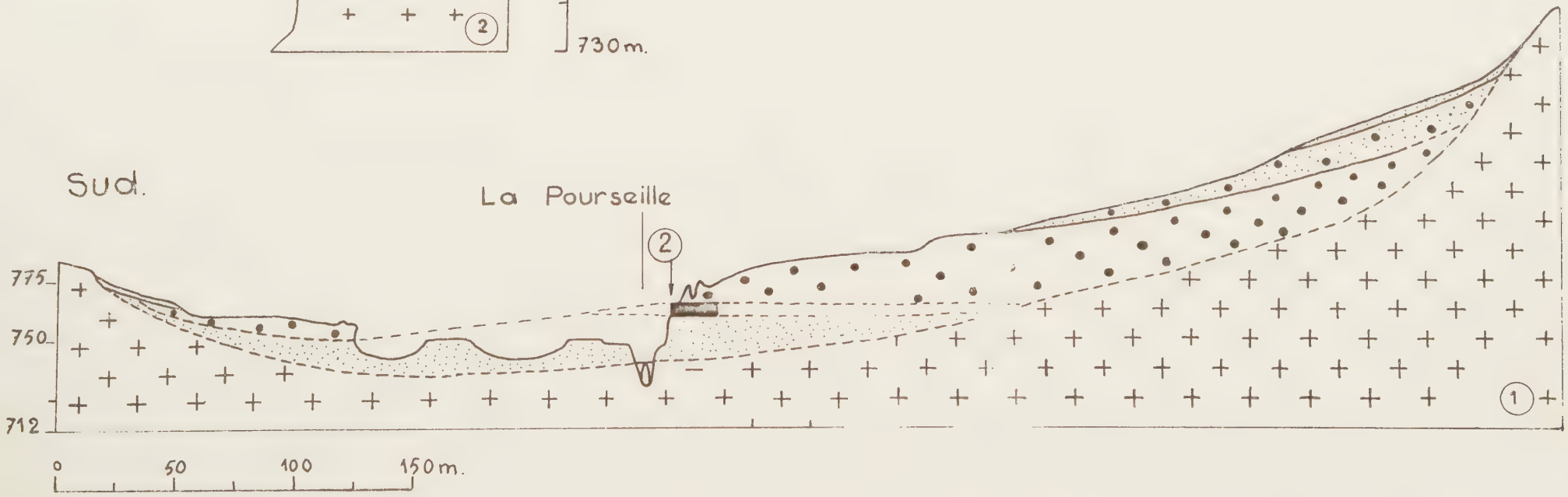
Cette coupe, Sud-Nord, passe par le pont qui enjambe la Pourseille à la côte 1040 mètres. Elle nous apporte un complément d'information sur la nature et la chronologie des manifestations éruptives du Chambon.

Une quinzaine de mètres de pouzzolanes et de scories plus grossières précèdent la coulée basaltique massive. De plus, il n'y a pas un lahar unique. Au niveau même de la coupe on peut mettre en évidence l'existence de deux lahars. Les deux ou trois mètres supérieurs sont en effet constitués d'un matériel plus rougeâtre, à granulométrie plus fine déterminant une discontinuité assez nette avec la masse principale. D'autre part, quelques dizaines de mètres à l'aval, au niveau même du village du Fau et sur le bord méridional du chemin qui rejoint au Sud la voie romaine, une deuxième coupure se voit parfaitement. On a donc en tout 3 lahars : un lahar inférieur à blocs enchassés de taille moyenne (quelques dizaines de centimètres tout au plus), un lahar intermédiaire à gros blocs (pouvant atteindre un mètre dans leur plus grande dimension) enfin, un lahar supérieur de faible puissance, à granulométrie plus fine.





Coupe selon Bozon (1963, p.667).



(1) Coupe Sud_Nord, à l'amont du Faud, passant par le pont enjambant la Pourseille à l'altitude 740m.

(2) Détail de la coupe en rive gauche de la Pourseille.

Pouzzolanes

Pouzzolanes contenant des blocs de basalte scoriacé

Scories grossières dominantes

Basalte scoriacé à la base de la coulée

Coulée basaltique

Lahar intermédiaire (1)

Lahar supérieur

Substratum

(3) Coupe selon Bozon (1963, p. 667)(2)

Cr : cristallin
Gb : gros blocs basaltiques
Ef : éboulis fins
Bs : base scoriacée
S.p.p: sommet peu prismé

(1) Le lahar inférieur n'est pas visible sur cette coupe
(2) La coupe de Bozon correspond à la coupe de détail n° 2 (voir commentaires dans le texte)

La coupe se termine par deux ou trois mètres de pouzzolanes mêlées de quelques projections plus grossières.

Ces coupes nous permettent de reconstituer l'histoire du volcan du Chambon. Elles vont nous conduire à une interprétation d'ensemble différente de celle suggérée par FABRE (1887) et surtout par BOZON (1963).

c. Discussion des interprétations antérieures

. L'étude de FABRE

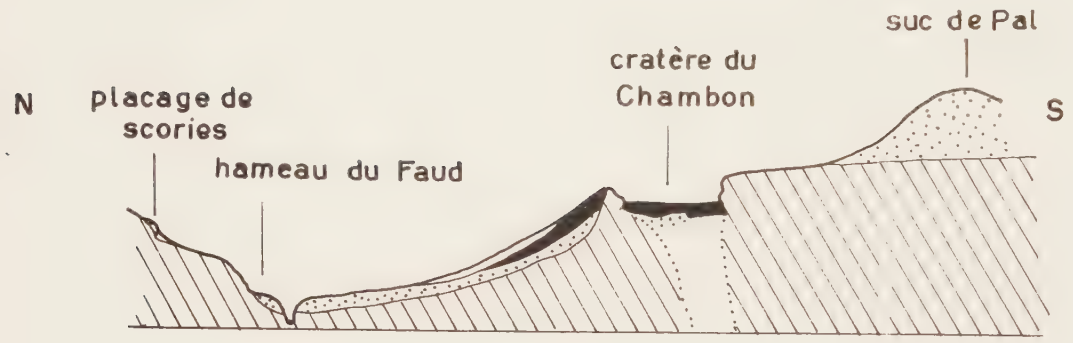
FABRE (1887, p.351-352) décrit deux coupes :

- La première coupe, orientée Nord-Sud, passe à la fois par le cratère du Chambon et le hameau du Fau.

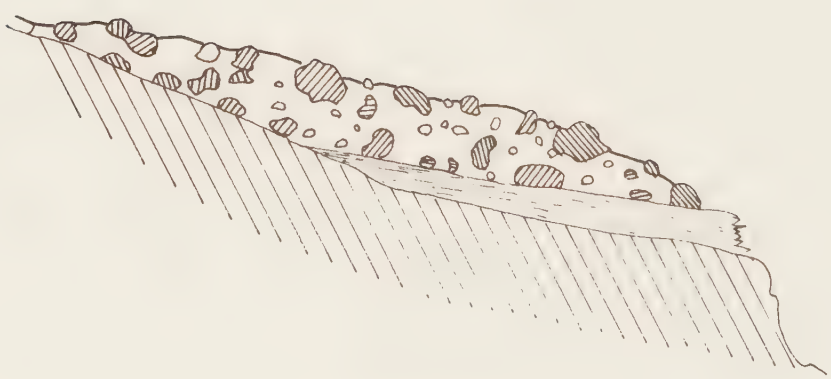
Ceux-ci étant situés sur un axe NW-SE, nous pensons que FABRE a en fait effectué un schéma synthétique mettant en évidence les relations entre les différentes formations observées. Nous voyons que la coulée boueuse est décrite sous la rubrique "scories et sables granitiques" et que la coulée basaltique sus-jacente est surmontée de "scories et lapili" ; un même figuré est utilisé pour la coulée boueuse et pour le Suc de Pal. Ceci indique que l'auteur a bien vu qu'il s'agissait du même matériel initial.

- La seconde coupe (fig. 2, p.352) nous montre, au niveau du Fau, "des éboulis glaciaires qui reposent sur un lambeau de tuf volcanique plaqué sur le gneiss". FABRE écrit : "C'est l'ancien cône de déjection du torrent à l'époque glaciaire , la date de l'éruption peut ainsi être nettement fixée à l'époque glaciaire". Il commente lui-même cette remarque : "Loin de moi

" LE DÉPÔT DE FAUD. RIVE DROITE DE LA POURSEILLE "
(Bozon, p. 632)



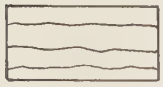
" COUPE PAR LE CRATÈRE DU CHAMBON "
(Fabre, p. 351)



" COUPE AU HAMEAU DU FAUD, MONTRANT LES ÉBOULIS GLACIAIRES QUI REPOSENT SUR UN LAMBEAU DE TUF VOLCANIQUE PLAQUÉ SUR LE GNEISS "
(Fabre, p. 352, fig. 2)

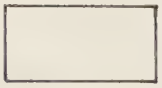
Substratum

Dépots lacustres



Basalte

BOZON - (1963, p. 632)



Scories et lapilli

Lave basaltique à olivine

Scories et sables granitiques

Gneiss granitique

FABRE - (1887, p.351)

Dépot torrentiel

Tuf volcanique

Gneiss granitique

FABRE - (1887, p.352)

LE VOLCAN DU CHAMBON SELON FABRE (1887)
ET BOZON (1963)

la pensée d'attribuer les dépôts de l'espèce à des transports par la glace ; ... bien qu'ils en aient à peu près tout l'aspect, sauf des roches striées ; ce sont donc des dépôts formés par de brusques dégels, par des débacles violentes, mélange de boue, d'eau et de neige ..."

Cette formation, au sujet de laquelle FABRE nous livre ses réflexions, correspond aux deux lahars inférieurs. Ceux-ci, emportant tout sur leur passage, se sont chargés en blocs de toutes tailles et ont pris dès ce moment leur aspect actuel.

FABRE a donc vu l'essentiel, néanmoins il n'a pas clairement établi les relations existant entre ces lahars et le Suc du Pal dont est issu la plus grande part du matériel qui les constitue.

. Les interprétations de BOZON (1963)

Deux points semblent discutables :

- Sur la figure 16, p. 667 on voit que les pouzzolanes sous-basaltiques sont assimilées à des "éboulis fins".

- Il écrit (p.632) à propos des lahars : "les limites dimensionnelles étroites, l'homométrie des éléments semblent faire attribuer ce dépôt à un lac".

d. Conclusion ; nature et chronologie relative des événements

Le volcan du Chambon, dont le cône initial a été à peu près intégralement détruit, a eu une histoire relativement longue et dépendante de la Vestide du Pal.

- A un cône de scoriés a succédé la mise en place d'une coulée basaltique de 7 kilomètres de long dont on retrouve les derniers lambeaux disséqués en haut de Montpezat (voir carte). Cette coulée, à la différence des autres coulées décrites dans cette étude, est largement scoriacée.

- Des projections rythmées, en continuité avec celles qui se déposaient aux Sucs de Pal et de Moulas, ont recouvert ensuite le volcan de Chambon.

- Au cours d'une période ultérieure, probablement dans un contexte péri-glaciaire, la remobilisation en plusieurs étapes d'une partie de la "formation du Pal" a nourri trois lahars.

- Les projections et pouzzolanes tardi-volcaniques matérialisent le dernier épisode purement éruptif.

- L'effondrement du volcan enfin, clôture probablement ces phénomènes : e cratère du Chambon serait donc, en dernier ressort, une "caldeira" d'effondrement.

B. La paroi granitique et la ceinture d'éboulis

a. La paroi granitique

Les granites qui ceinturent le plancher de la caldeira affleurent sur la moitié Sud-Ouest de celle-ci. Les contacts sont bien visibles en différents points, notamment sous le Suc de Pal et surtout en bordure de la N. 536, près de la source de la Fontolière. Là on voit que le contact est sub-vertical, légèrement incliné vers l'intérieur de la caldeira (fig.).

b. La demi-ceinture d'éboulis

Les limites de la caldeira ne sont pas visibles partout. Elles sont notamment masquées au Nord, depuis le bord méridional du Suc de Moulas jusqu'à proximité du Suc de Pal. Dans toute cette zone affleure un éboulis composite où sont mêlés des blocs de socle, des fragments basaltiques et des projections diverses.

C. Les unités internes

Introduction

Les cinq unités situées à l'intérieur de la Vestide du Pal ne présentent pas de complexité particulière. Nous n'insisterons donc pas sur la description de leur structure. Leur disposition par contre suscite quelques remarques. En effet, les quatre unités méridionales reposent sur un plancher dont l'altitude (1200 mètres) est parfaitement constante alors que l'unité la plus septentrionale occupe une position légèrement surélevée.

C1. L'unité septentrionale et le plancher supérieur

Cet appareil, essentiellement fait d'un empilement de petites coulées basaltiques, culmine à 1241 mètres. Il mesure 500 mètres d'Ouest en Est sur 150 mètres du Nord au Sud et a la forme d'un croissant.

Sa base est à l'altitude moyenne de 1210 mètres au Sud et de 1225 mètres au Nord. Là, se situe une dépression pratiquement plane dont l'altitude moyenne est de 1225 mètres.

Cette disposition (voir carte) suggère, a priori, deux interprétations possibles :

- La caldeira possède un plancher unique qui se relève au Nord. Dans cette hypothèse le volcan serait simplement un cratère égueulé.

- Le plancher de cet appareil est situé 10 à 20 mètres plus haut que celui des 4 autres unités internes. Dans cette hypothèse la forme de ce volcan est liée à sa position particulière à la limite du plancher supérieur et du plancher inférieur, la partie manquante étant effondrée et ennoyée sous les éluvions récentes.

Les contours géologiques et la topographie d'ensemble militent en faveur de cette seconde interprétation.

C2. La formation scoriacée du bord S.W. de la caldeira

Elle affleure essentiellement au Nord de la source de la Fontolière, juste à la limite de la caldeira. La formation décrite au Nord de la N. 536 en constitue le prolongement naturel. Elle en est séparée uniquement par une étroite bande de granite dégagée par l'érosion.

Des bombes nombreuses y sont associées à des scories grossières et à des blocs de basalte. L'ensemble, mal soudé, est disposé en couches irrégulières et mal délimitées plongeant vers l'intérieur de la caldeira. Cette disposition suggère que l'épanchement de ces basaltes est contemporain de l'effondrement du plancher inférieur de la caldeira.

C3. Les unités reposant sur le plancher inférieur

a. L'unité la plus septentrionale est un véritable "pain de sucre" culminant à 1263 mètres. Il s'agit d'un appareil sub-conique, à base légèrement elliptique mesurant 300 mètres sur 250 mètres, de 63 mètres de hauteur. Ce cône est exclusivement basaltique.

b. Un cône assez comparable est situé près de la bordure méridionale de la caldeira. Il mesure 260 mètres sur 250 mètres à la base pour une hauteur de 35 mètres et culmine à 1244 mètres. Comme le précédent, ce cône est exclusivement basaltique.

c. Une petite éminence (alt. 1205 mètres) est située à mi-chemin de ces deux unités, légèrement à l'Est. Elle est également basaltique.

d. Un cône surbaissé, enfin, est situé près de la bordure Sud-Ouest de la caldeira. La base sub-elliptique mesure 425 mètres du Nord au Sud sur 250 mètres d'Est en Ouest. La dénivellation totale est de 18 mètres. Cet appareil est fait essentiellement d'un empilement de coulées basaltiques de quelques décimètres à un mètre d'épaisseur.

e. Notons que le plancher de la caldeira est masqué par des alluvions modernes sous lesquelles s'infiltrent probablement les eaux de la véritable source de la Fontolière qui se situerait en fait sous le Suc de Pal.

III. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES FORMATIONS RENCONTREES

A. Les projections

Nous distinguerons la formation du Pal d'une part, les pouzzolanes, les scories grossières et les bombes d'autre part.

A1. La formation du Pal

1. Description macroscopique

Les rythmes observés sur le terrain ont de quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur et sont de granulométrie variable. Nous décrirons dans ce paragraphe les deux types extrêmes.

a. Les niveaux les plus épais (quelques centimètres à décimétriques) sont constitués de grains millimétriques à plurimillimétriques. L'examen à l'oeil nu montre (échantillon PAL 5) :

- des fragments basaltiques ;
- des minéraux isolés du socle (quartz, feldspaths, biotites, ...).

La base de chaque rythme est plus grossière que le sommet, elle est également plus riche en minéraux du socle. L'ensemble a donc une allure granoclassée.

b. Les rythmes les plus fins (quelques millimètres au plus) sont également les plus sombres. Les éléments de nature basaltique en sont le constituant majeur (échantillon PAL 3).

2. Etude en lames minces

2.1. Etude qualitative

Les éléments constitutifs de ces tufs sont très variés. Ce sont pour l'essentiel :

- du verre ;
- des fragments de basaltes ;
- des minéraux isolés des péridotites ;
- des minéraux du socle ;
- des zéolithes.

a. Le verre

Il est abondant et se présente sous deux faciès principaux :

- Le plus souvent il est noir à brun sombre et renferme quelques cristallites et des olivines plus nombreuses. Il s'agit donc plus exactement d'un mélabasalte holohyalin d'après la nomenclature proposée par JUNG et BROUSSE (1959, p.36).

- La deuxième variété est jaune clair et les cristallites y sont exceptionnels.

b. Les fragments de basalte

Ils sont essentiellement de deux types.

. Les plus nombreux sont sub-felsitiques (§ précédent).

. Les autres, bien cristallisés, présentent le plus souvent l'une des deux tectures suivante :

. quelconque ; ils contiennent alors des phénocristaux d'augite,

. fluidale ; il n'y a alors que des microlites.

c. Les minéraux des péridotites

Ils sont toujours isolés et fréquemment brisés. Il s'agit le plus souvent d'olivine, exceptionnellement de diopside et encore plus rarement de bronzite ou de picotite. Ces cristaux représentent moins de 1 % de l'ensemble.

d. Les minéraux du socle

Ils sont très nombreux, toujours isolés et brisés. En plus de minéraux distingués à l'oeil nu, on observe de la cordierite en abondance. Cette cordierite est rarement fraîche, le plus souvent elle est largement pinnitisée.

e. Les zéolithes

Ils constituent une fraction importante de la roche. Tantôt ils occupent les espaces intergranulaires, assurant ainsi à la roche une certaine cohésion, tantôt ils tapissent les vacuoles du basalte (échantillons 5 PAL, 3 PAL).

f. Les minéraux exceptionnels

Ce sont en particulier :

- Des augites vertes. Leur étude en cours permettra de préciser s'il s'agit, comme je le pense, de salites ferri-sodiques. De tels pyroxènes ont déjà été rencontrés en France, notamment à Grabels, au Nord de Montpellier (J. BABKINE et al.; 1968, p.141-149) et à la Roque et à Olmet dans l'Escandorgue (J.P. ILDEFONSE ; 1970, p.92-93). Je discuterai dans la conclusion la signification de la présence de ces pyroxènes.

2.2. Analyses modales

J'ai effectué l'analyse modale de trois échantillons : les deux échantillons décrits au paragraphe précédent et un troisième prélevé au Chambon, près du goulot du cratère (échantillon CHA 21).

Echantillon PAL 5 (comptage:4000 points)

Minéraux ou verre	pourcentages partiels	pourcentages globaux
Basalte vitreux noir	14,3	
verre jaune	16,2	30,5 / 41,6
minéraux du basalte	11,1	
minéraux des péridotites	0,5	0,5
zéolithes	17,2	17,2
minéraux du socle	40,7	40,7
TOTAL	100,0	100,0

Echantillon PAL 3 (comptages : 1000 points)

J'ai effectué trois comptages à savoir : à la base, au milieu et au sommet de la séquence.

Echantillon PAL 3 : base

Minéraux ou verre	pourcentages partiels	pourcentages globaux
verre basaltique noir à brun	35,2	
	51,8	
verre jaune	16,6	
		55,5
minéraux du basalte	3,7	
minéraux des péridotites	0,1	0,1
zéolithes	20,6	20,6
socle	23,8	23,8
TOTAL	100,0	100,0

Echantillon PAL 3 : zone médiane

Minéraux ou verre	pourcentages partiels	pourcentages globaux
verre basaltique noir à brun	32,4	
	53,4	
verre brun clair à jaune	21,0	
		58,4
minéraux du basalte	5,0	
minéraux des péridotites	0,2	0,2
zéolithes	22,8	22,8
minéraux du socle	18,6	18,6
TOTAL	100,0	100,0

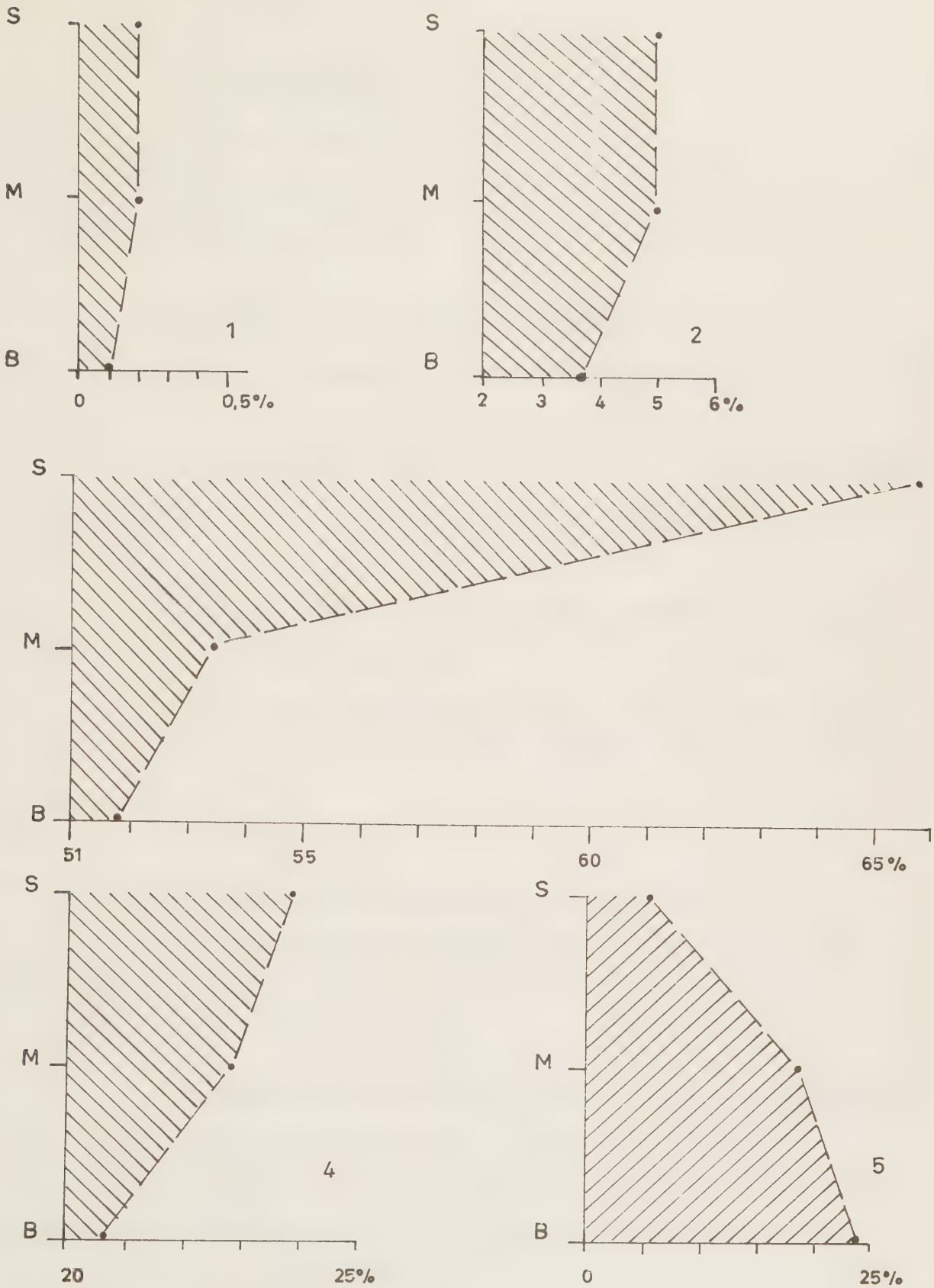
Echantillon PAL 3 : sommet

Minéraux ou verre	pourcentages partiels	pourcentages globaux
verre basaltique noir à brun	33,4	
	65,8	
verre brun clair à jaune	32,4	
		70,8
minéraux du basalte	5,0	
minéraux des péridotites	0,2	0,2
zéolithes	23,8	23,8
minéraux du socle	5,2	5,2
TOTAL	100,0	100,0

Echantillon CHA 21

Minéraux ou verre	pourcentages partiels	pourcentages globaux
verre basaltique noir à brun	37,0	
	39,1	
verre jaune	2,1	
		49,4
minéraux du basalte	10,3	
minéraux des péridotites	0,1	0,1
zéolithes	14,3	14,3
minéraux du socle	36,2	36,2
TOTAL	100,0	100,0

FORMATION DU PAL : répartition des éléments dans une séquence.



B : base ; M : zone médiane ; S : sommet

1 : minéraux des péridotites
2 : minéraux du basalte
3 : verre
4 : zéolithes
5 : minéraux du socle

2.3. Conclusions

L'étude pétrographique sommaire de la formation du Pal nous fournit des enseignements susceptibles de faciliter la compréhension du dynamisme éruptif qui a présidé à sa mise en place.

a. L'examen qualitatif appelle notamment 4 remarques :

- Les minéraux du socle isolés et brisés mettent en évidence le caractère explosif du dynamisme éruptif.

- Les fragments basaltiques vitreux sont toujours arrondis. Ceci traduit un probable refroidissement du verre après son arrivée au sol.

- Les zéolithes, particulièrement abondants, soulignent l'importance des phénomènes pneumatolytiques et hydrothermaux.

- La rythmicité du phénomène, déjà visible sur le terrain, est confirmée par cette étude. Chaque explosion est suivie d'une phase de repos.

b. L'analyse modale précise ces observations

- Les minéraux du socle sont plus abondants à la base des lits, (23,8 % à la base et 5,2 % au sommet pour l'échantillon PAL 3).

- A l'inverse le pourcentage de verre basaltique augmente de la base vers le sommet des lits. Il passe de 51,8 % à 65,8 pour l'échantillon PAL 3. Le verre basaltique, finement pulvérisé, arrivait donc au sol avec une vitesse plus lente que celles des minéraux en grains.

- L'analyse modale de l'échantillon CHA 21 confirme l'identité du matériel observé sur la coulée du Chambon.

A2. Les pouzzolanes, les scories grossières et les bombes

1. Les pouzzolanes

Leur étude sera faite au chapitre V. Je me bornerai donc à en donner une description sommaire, leur origine restant à préciser pour celles du Moulas (Bauzon ou Vestide du Pal).

Je dirai simplement ici qu'elles sont brunes à noires au Nord du Suc de Moulas et noires à rouges au Chambon. Leur texture est toujours alvéolaire.

2. Les scories grossières

Elles se rencontrent essentiellement de part et d'autre de la source de la Fontolière et près du goulot du Chambon.

a. Description macroscopique

Elles sont généralement alvéolaires et ne diffèrent au fond des pouzzolanes que par leur plus grande taille. La couleur va du brun au noir en passant par des teintes rougeâtres.

b. Etude en lames minces

Elle n'est guère plus instructive que celle des pouzzolanes. Le fond est le plus souvent vitreux, parfois à tendance à peine felsitique. On observe alors des phénocristaux d'olivine et des cristallites d'augite et de titanomagnétite.

3. Les bombes

Elles sont particulièrement abondantes à la Vestide du Pal,

surtout près de la source de la Fontolière. On en rencontre également dans les scories décrites sous la coulée basaltique du Chambon, au niveau du goulot du cratère et sur le flanc gauche de la vallée de la Pourseille.

a. Les bombes à la source de la Fontolière

Leur intérêt réside plus dans la nature des enclaves qu'elles renferment que dans leur forme. On rencontre deux types principaux :

- De grosses bombes (planche) pouvant atteindre 15 à 20 centimètres. Ces bombes sont souvent fuselées, parfois trapues et en bouse de vache. Elles ont une surface en croûte de pain. Le noyau est généralement fait de péridotite, plus rarement de socle migmatitique, exceptionnellement de basalte.

- De petites bombes de un à quelques centimètres de long et parfaitement fuselées. Elles contiennent presque toujours un noyau de péridotite, exceptionnellement de socle (voir planche photo).

Dans les deux types de bombes, le noyau est le plus souvent anguleux.

b. Les bombes du Chambon

Elles appartiennent à deux types principaux et sont notablement différentes des précédentes. On distingue :

- De grosses bombes pouvant atteindre 1 à 2 décimètres, à surface rugueuse et renfermant un noyau fait le plus souvent de socle migmatitique. Ces bombes renferment parfois des norites ou des granulites (planche).

- D'autres bombes plus élancées sont exclusivement basaltiques.

B. Les lahars

L'étude pétrographique en confirme l'origine. Seuls les zéolithes brisés et pulvérisés n'y sont plus identifiables. La cohésion est ici plus forte qu'au Suc de Pal. Un comptage de points effectué sur l'échantillon CH.34 indique 39,6 % de minéraux du socle. Ce pourcentage est donc tout à fait comparable à ceux trouvés au Suc de Pal.

C. Les basaltes

J'ai repris pour ce paragraphe le plan suivi au paragraphe II. Toutefois, la formation scoriacée du bord S-W de la caldeira et les basaltes situés au Nord de la N. 536 sont étudiés ensemble.

C1. Les unités externes

1. Les basaltes enchassés dans les tufs de la formation du Pal

Ces basaltes se présentent en blocs isolés de quelques centimètres à un décimètre dans leur plus grande dimension. Les angles sont souvent émoussés, parfois arrondis. La patine est généralement gris-clair, la cassure un peu plus sombre. L'étude pétrographique montre une certaine diversité. Nous avons choisi de décrire les trois types des plus fréquemment rencontrés (Echantillons VES. 31 ; VES. 36 ; VES. 35).

1.1. L'échantillon VES.31

La patine est claire, homogène et montre peu de phénocristaux.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

Les phénocristaux

Ce sont uniquement des olivines limpides, souvent groupées par trois ou quatre.

Les microcristaux

Ce sont par ordre d'importance décroissante :

- Des plagioclases (An. 72)
- Des augites granulaires ou en bâtonnets
- Des titanomagnétites.

Notons que les plagioclases sont de loin les plus basiques rencontrés dans les laves étudiées ici. Leur disposition donne à cette roche une texture nettement fluidale.

Un verre rose abondant, à quadrillage régulier tapisse les interstices.

. Analyse modale (1)

Phénocristaux d'olivine -------	5,7		
Microcristaux d'olivine -------	3,9	Phénocristaux ----	5,7
Microcristaux d'augite --------	14,5	Microcristaux ----	62,3
Titanomagnétite ----------	12,3	Verre ----------	32,0
Minéraux indéterminés ----------	2,0		100,0
Plagioclase ----------	29,6		
Verre ----------	32,0	Indice hyalin : 32	
TOTAL ----------	100,0		

Pourcentages relatifs des cristaux :

Phénocristaux d'olivine -------	8,3		
Microcristaux d'olivine -------	5,7	14,0	
Microcristaux d'augite --------	21,4	SAT = 0	
Titanomagnétite ----------	18,1	COL =(100-43,5)=56,5	
Minéraux indéterminés ---------	3,0	PER = 39,5	
Plagioclase ----------	43,5		
TOTAL ----------	100,0		

Cette roche mésohyaline, mésocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est donc un PHANEROBASALTE.

---

(1) Les comptages de points portent sur 1000 points de lave. Lorsque les laves renferment des xénocristaux les comptages portent sur 1000 points augmentés des points correspondant aux xénocristaux rencontrés.

I.48

1.2. L'échantillon VES. 36

L'aspect en patine et en cassure est semblable à celui du basalte précédent. Toutefois quelques phénocristaux d'augite sont parfois dégagés en patine.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

Cette roche est légèrement altérée, les olivines en particulier montrent un début d'iddingsitisation.

Les phénocristaux

Ce sont des olivines et des augites. Ces dernières, assez abondantes, dépassent fréquemment un millimètre dans leur plus grande dimension.

Ces augites, fréquemment zonées, contiennent parfois à leur coeur un mélange de microlites de plagioclases, de titanomagnétite, d'augite et de verre. Certains auteurs se sont posé le problème de l'antériorité ou de la postériorité de ces augites par rapport au basalte encaissant.

P. THONON (1967, p.11 et 12) pense que le pyroxène cristallise tardivement autour de ces cristaux centraux qui joueraient le rôle "d'inducteurs de cristallisation". Nous ne partageons pas cet avis. En effet, les plagioclases et les microlites d'augite du basalte sont orientés sur les faces du phénocristal à sa périphérie. Cette disposition est incompatible avec une antériorité éventuelle du basalte par rapport au phénocristal d'augite.

Deux interprétations restent alors envisageables :

- Dans une phase initiale, dans des conditions intratelluriques profondes il y a syncristallisation d'augite et des autres minéraux du basalte. La modification des conditions ne permet ensuite que la seule cristallisation d'augite.

- Le coeur est d'origine enallogène. Il est alors instable en milieu basaltique alcalin et tend à être détruit au profit de minéraux du basalte. Je montrerai au chapitre XV que cette hypothèse est vraisemblable.

Les microcristaux ne présentent pas de caractéristiques particulières.

. Analyse modale (Echantillon VES.36)

1007 points dont 7 xénocristaux d'olivine soit 0,7 %

Phénocristaux d'olivine	5,3			
Phénocristaux d'olivine altérée	1,2	6,5		
Microcristaux d'olivine	1,7		8,2	Phénocristaux 22,2%
Phénocristaux d'augite	13,3			
Microcristaux d'augite	32,9	46,2		Microcristaux 77,8%
Titanomagnétite	16,7	16,7		
Minéraux indéterminés	0,7	0,7		
Plagioclase	28,2	28,2		
TOTAL	100,0	100,0		

SAT = 0

COL = 71,8

PER = 15,0

I.50

Cette roche holocristalline, mélanocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est un mélabasalte.

Pourcentages relatifs des microcristaux

Olivine	2,2
Augite	42,3
Titanomagnétite	18,4
Divers	0,9
Plagioclase	36,2

SAT = 0
COL = 63,8
PER = 4,9

La fraction microcristalline, holoplagioclasique, mélanocrate, holopyrobolique a donc également une composition modale de mélabasalte.

1.3. L'échantillon VES.35

Ce basalte se caractérise par la présence de nombreuses alvéoles de forme quelconque. Des cristaux millimétriques d'olivine sont parfaitement visibles en patine. L'augite en phénocristaux semble absente.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

. Les olivines automorphes mesurent 0,30 à 0,55 millimètres dans leur plus grande dimension. Elles sont parfois altérées à la périphérie.

. Les augites sont rares et ont généralement un habitus allongé.

- Les microcristaux

. Les olivines sont peu abondantes et souvent "iddingsitisées".

. Les augites, nombreuses, sont généralement granulaires.

. Les plagioclases sont bien individualisés, certains probablement tardifs sont xénomorphes et tendent à combler les espaces intergranulaires.

. Les titanomagnétites complètent cette association.

. Analyse modale (Echantillon VES.35)

1053 points dont 53 xénocristaux d'olivine (9 altérés) soit 5,0 %.

Phénocristaux d'olivine	7,0	7,9	16,4
Phénocristaux d'olivine iddingsitisée	0,9		
Microcristaux d'olivine	6,0	8,5	
Microcristaux d'olivine iddingsitisée	2,5		
Microcristaux d'augite	46,5		46,5
Titanomagnétite	21,1		21,1
Minéraux indéterminés	0,6		0,6
Plagioclase	15,4		15,4
TOTAL	100,0		100,0

Pourcentage de phénocristaux 7,0 %

SAT = 0

COL = 84,6

PER = 26,0

La roche globale holocristalline, mélanocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est donc un mélabasalte.

Pourcentages relatifs de microcristaux

Augite	50,4
Magnétite	22,8
Olivine	9,3
Minéraux indéterminés	0,7
Plagioclase	16,8
TOTAL	100,0

SAT = 0
COL = 83,2
FELDS = 0
PER = 15,5

c. Analyse chimique (Voir p.suivante)

c. Analyse chimique, échantillon VES. 35
(Analyse nouvelle R. DURET)

		Pourcentages catéoniques (1)	
SiO_2	40,02	Si	38,45
Al_2O_3	16,92	Al	19,12
Fe_2O_3	7,34	Fe^{3+}	5,28
FeO	8,01	Fe^{2+}	6,41
MnO	0,14	Mn	0,11
MgO	9,25	Mg	13,33
CaO	11,30	Ca	11,63
Na_2O	1,69	Na	3,14
K_2O	1,15	K	1,41
P_2O_5	0,04	P	0,03
TiO_2	1,45	Ti	1,04
Cr_2O_3	0,34	TOTAL	99,95
H_2O+	1,96	(1) Chrome non compris	
H_2O^-	0,52	R = 28,12	
TOTAL	100,13	S = 30,99	
		T = 46,81	
		Θ = 28,84	

Paramètres de Niggli :

SI	AL	FM	C	ALK	TI	P	K	MG
78,69	19,83	51,69	23,80	4,65	2,13	0,03	30,97	52,77

Norme C.I.P.W. :

QZ	OR	AB	AN	NE	DI	OL	CR	MA	ILM
0,00	6,80	4,63	35,13	5,23	16,50	15,35	0,50	10,64	2,75

Paramètres de Lacroix :

	P	Q	R	S	H	K	L	M
Valeur	0,5332	0,1009	0,2380	0,3097	0,7039	0,5180	0,8204	0,6713
Classe	3	5	4	4	2	3	2	2

Ces paramètres, III. '5.4.4 (2)3.(2)3.2.'2. , sont ceux d'un basalte selon la classification chimico-minéralogique de LACROIX.

2. Les basaltes de l'unité du Moulas

J'ai distingué deux types de basalte.

2.1. Le basalte du type 1. (échantillon VES. 51 A.)

La patine gris clair montre quelques cristaux d'olivine millimétrique. Il n'y a pas de phénocristaux d'augite.

La cassure un peu plus sombre montre également des olivines éparpillées dans la mésostase basaltique.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

Ce sont uniquement des olivines. Elles sont limpides et mesurent en moyenne 0,30 millimètre sur 0,75 millimètre.

- Les microcristaux

. Les augites

Elles sont abondantes mais de petite taille. Les dimensions moyennes des microlithes sont de 0,03 millimètre sur 0,05 millimètre.

. Les olivines

Elles sont rares. Aucune trace d'altération n'est visible.

. Les titanomagnétites

J'ai distingué deux granulométries différentes.

. Les unes atteignent 0,030 millimètre de côté.

. Les autres ont une taille moyenne de 0,005 à 0,010 millimètre. Ces dernières sont les plus abondantes.

Il est possible que les plus grosses titanomagnétites correspondent à l'agglomération de plusieurs petits cristaux. Je les ai distinguées dans l'analyse modale par les signes + et -.

. Les plagioclases

Ce sont les minéraux les plus abondants, fait exceptionnel à la Vestide du Pal.

. Analyse modale (Echantillon VES. 51 A.)

Elle porte sur 1070 points dont 70 points correspondent à des xénocristaux d'olivine, soit 6,5 %

Phénocristaux d'olivine	7,0		
		-------	13,3
Microcristaux d'olivine	6,3		
Magnétite (+)	2,1		
		-------	12,7
Magnétite (-)	10,6		
Microcristaux d'augite	28,2		28,2
Minéraux indéterminés	5,0		5,0
Plagioclase	40,8		40,8
TOTAL	100,0		100,0

SAT = 0 ; COL = 59,2 ; PER = 42,2.

Cette roche holocristalline, mésocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est un basalte selon la classification modale de JUNG et BROUSSE.

Fraction microcristalline :

PER = 18,2 ; COL = 56,1 ; SAT = 0 ; FELDS = 0.

Ces indices sont également ceux d'un basalte.

2.2. Le basalte du type 2 (Echantillon VES. 53)

La patine est comparable à la précédente, la cassure un peu plus sombre. On observe localement une teinte roussâtre due aux olivines altérées.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

. Les augites sont exceptionnelles mais néanmoins présentes à la différence du précédent basalte.

. Les olivines, un peu plus abondantes que dans le basalte du type 1, ont généralement une bordure iddingsitisée.

- Les microcristaux

. Les augites prédominent nettement. Elles atteignent une taille plus élevée que dans le basalte du type 1. Les plus grandes mesurent en moyenne 0,06 millimètre sur 0,01 millimètre.

. Les titanomagnétites sont, comme les augites, plus largement cristallisées que dans le basalte du type 1.

. Les plagioclases sont parfaitement individualisés mais plus rares.

. Analyse modale (Echantillon VES. 53)

Elle porte sur 1059 points dont 59 points correspondant à des xénocristaux d'olivine, soit 5,5 % de la roche totale.

Phénocristaux d'augite	0,6		
Microcristaux d'augite	41,9	42,5	
Phénocristaux d'olivine	7,4		
Phénocristaux d'olivine iddingsitisée	1,7	9,1	
Microcristaux d'olivine	2,5		15,4
Microcristaux d'olivine iddingsitisée	3,8	6,3	
Titanomagnétite	12,7	12,7	
Plagioclase	29,4	29,4	
TOTAL	100,0	100,0	

SAT = 0 ; FELDS = 0 ; COL = 70,6 ; PER = 26,5.

Cette roche holocristalline, mélanocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est un mélabasalte.

Fraction microcristalline :

PER = 13,00 ; COL = 67,4 ; SAT = 0 ; FELDS = 0.

Ces indices sont également ceux d'un mélabasalte.

3. Formations au Nord de la route N. 536 et du bord Sud-Ouest de la caldeira

L'étude de terrain nous a montré que ces deux formations appartenaient à la même manifestation éruptive. Les roches rencontrées y sont effectivement comparables, et les mêmes variétés y existent. Des placages discontinus et des blocs isolés situés entre ces formations et le lac Ferrand appartiennent probablement à cette même phase. Un échantillon prélevé dans cette zone, sera décrit ici.

3.1. Etude de l'échantillon VES. 9

Cet échantillon est prélevé dans la petite coulée signalée au bord de la route N. 536.

Le basalte est gris roux en patine, gris sombre en cassure. Il englobe quelques petites passées à tendance scoriacée de quelques millimètres à un ou deux centimètres.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

. Des olivines extrêmement rares baignent çà et là dans la mésostase.

- Les microcristaux

. Les olivines sont limpides et peu abondantes.

. Les augites très nombreuses, représentent le constituant principal.

. Les magnétites constituent également une fraction notable de la roche. Elles sont très finement cristallisées.

. Les plagioclases enfin, sont tantôt automorphes, tantôt interstitiels et xénomorphes.

. Du verre, en proportion notable, tapisse le fond de la lame mince.

. Analyse modale (Echantillon VES. 9)

Elle porte sur 1000 points, les xénocristaux étant négligés.

Phénocristaux d'olivine	0,7		
		----------	8,2
Microcristaux d'olivine	7,5		
Microcristaux d'augite	46,5	----------	46,5
Magnétite	21,6	----------	21,6
Minéraux indéterminés	4,0	----------	4,0
Plagioclase	11,6	----------	11,6
Verre	8,1	----------	8,1
TOTAL	100,0	----------	100,0

SAT = 0 ; COL = 88,4 ; PER = 14,9 ; HYAL = 8,1.

Les indices de cette roche sont ceux d'une phanéroankaramite.

3.2. Etude de l'échantillon VES. 16 A.

J'ai prélevé cet échantillon au sein de la formation située au bord Sud-Ouest de la caldeira.

Le basalte est gris sombre à roussâtre en patine. La cassure est à peine plus claire. On y observe de multiples alvéoles, infra à pluri millimétriques, le plus souvent étirées.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

Ce sont exclusivement des olivines, parfois difficiles à distinguer des xénocristaux provenant de la dissociation de péridotites.

- Les microcristaux

. Les olivines sont peu abondantes. Quelques unes

sont disposées en coronna autour des xénolithes de bronzite. Nous les distinguerons dans l'analyse modale.

· Les augites sont exceptionnellement abondantes.

· Les magnétites sont pour la plupart très finement cristallisées.

· De très rares plagioclases baignent çà et là dans la mésostase.

· Analyse modale (Echantillon VES. 16 A.)

Elle porte sur 1000 points de lave. Les enclaves enallogènes ne sont pas prises en compte. Quelques traînées à tendance subfelsitique ne sont pas analysées. Leurs constituants qui sont des minéraux colorés (titanoaugites et magnétites) sont notés "minéraux indéterminés".

Phénocristaux d'olivine	6,9		
			11,6
Microcristaux d'olivine	4,1	4,7	
Microcristaux d'olivine en couronne autour des bronzites	0,6		
Microcristaux d'augite	63,1		63,1
Titanomagnétite	21,6		21,6
Minéraux colorés indéterminés	2,7		2,7
Plagioclase	1,0		1,0
TOTAL	100,0		100,0

Roche globale

SAT = 0 ; COL = 99,0 ; PER = 15,5

Fraction microcristalline

COL 99,0 ; PER = 6,5

Cette roche holomélanocrate, mésopéridotique (globale) holopyrobolique (fraction microcristalline) est une micropyroxénolite à olivine.

3.3. L'échantillon VES. 37 A.

Cet échantillon est prélevé dans la zone comprise entre les formations précédentes et le lac Ferrand.

Il s'agit d'un basalte à patine gris-clair parsemée de nombreux phénocristaux d'augite. Certains atteignent un centimètre dans leur plus grande dimension. Des petites taches rouge brique mettent en évidence la présence d'olivines altérées.

La cassure est comparable ; les augites moins bien dégagées que précédemment modifient légèrement l'aspect en patine.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

. Les olivines (0,6 millimètre sur 0,3 millimètre) sont généralement automorphes. La plupart sont serpentinisées.

. Les augites caractérisent cette roche par leur abondance et leur taille. Certaines semblent homogènes mais les plus nombreuses offrent des aspects particuliers :

- certaines, à croissance squelettique, englobent les autres minéraux et évoquent la texture ophitique ;

- le coeur d'autres augites semble partiellement fondu et contient du spinelle et des plagioclases.

- d'autres présentent une zonation de croissance et une "fausse zonation" probablement liée à des phénomènes de diffusion tardive.

- des golfes de corrosion s'observent fréquemment à la surface de toutes ces augites (photo).

Nous étudions actuellement ces phénomènes sur la microsonde électronique de l'Ecole des Mines de Paris ; leur nature et leur signification éventuelle seront précisées dans une publication ultérieure.

- Les microcristaux

Ils n'offrent aucune particularité remarquable, ce sont :

- des olivines granulaires peu abondantes,
- des baguettes d'augite,
- des titanomagnétites.

- Un peu de verre tapisse le fond de la lame mince.

- De la calcite, à faciès parfois zéolithique, tapisse çà et là les fissures de la roche.

4. Les basaltes du Chambon

Je n'ai mis en évidence qu'une seule coulée issue du volcan du Chambon. Cela ne signifie pas pour autant que plusieurs coulées ne se soient pas épanchées vers la vallée de la Pourseille. En effet les faciès rencontrés sont très variables. Dans la coulée même la cristallisation ne semble pas s'être faite d'une façon homogène

et les passées scoriacées alternent avec les passées massives. Localement les enclaves du socle sont exceptionnellement nombreuses et la lave est alors constellée de nombreux cristaux de feldspath et de quartz enallogènes. D'une façon générale ce dernier type de basalte se rencontre en blocs isolés, disséminés sur n'importe quelle formation. Certains de ces blocs ont un grain exceptionnellement fin et la cassure est alors conchoïdale (CH.50 A). L'examen en lame mince montre que de tels basaltes renferment plus de 30 % de verre.

Je décrirai trois échantillons correspondant aux types le plus fréquemment rencontrés.

4.1. Etude des échantillons CH. 14, CH.174

Ils ont été prélevés près de l'extrémité aval de la coulée (voir carte).

Ce basalte est gris clair en patine, gris sombre en cassure. Cette dernière est toujours anguleuse et le basalte se débite en prismes trapus.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

Ce sont :

. Des olivines globuleuses et peu abondantes.

. Des augites, très rares, de 0,13 millimètres sur 0,035 millimètres.

- Les microcristaux

. Les augites représentent plus de 50 % des éléments présents dans la lave. Elles se présentent le plus souvent en microlithes allongés ou en sections trapues. Quelquefois elles sont cristallitiques et difficilement identifiables. De telles augites (?) seront comptabilisées avec les cristallites indéterminés dans l'analyse modale.

. Les olivines sont toujours granulaires et limpides.

. Les magnétites sont assez peu abondantes.

. Les plagioclases sont le plus souvent microlithiques, parfois interstitiels et xénomorphes.

. Analyse modale (Echantillon CH. 14)

Le comptage porte sur 1025 points dont 25 points correspondant à des xénocristaux isolés. Ce sont :

- 18 xénocristaux d'olivine soit 1,7 % eno.
- 1 xénocristal de picotite soit 0,1 % eno.
- 6 xénocristaux de quartz soit 0,6 % eno.

I.66

Phénocristaux d'olivine	3,8	8,5	
Microcristaux d'olivine	4,7		
phénocristaux d'augite	0,6	56,2	
Microcristaux d'augite	55,6		
Titanomagnétite	10,8		10,8
Cristallites indéterminés	1,8		1,8
Plagioclase	22,7		22,7
TOTAL	100,0		100,0

COL = 77,3 ; PER = 13,1

Les indices de cette roche sont ceux d'un mélabasalte selon la classification modale de JUNG et BROUSSE.

c. Analyse chimique

Analyse nouvelle R. DURET (12.2.69)

Poids d'oxydes		Pourcentages cationiques (1)	
SiO_2	43,58	Si	40,15
Al_2O_3	15,51	Al	16,81
Fe_2O_3	4,96	Fe^{3+}	3,42
FeO	8,64	Fe^{2+}	6,63
MnO	0,09	Mn	0,07
MgO	7,71	Mg	10,65
CaO	9,72	Ca	9,59
Na_2O	5,34	Na	9,52
K_2O	2,00	K	2,35
TiO_2	0,75	Ti	0,51
P_2O_5	0,33	P	0,25
Cr_2O_3	0,13	TOTAL	99,95
H_2O^+	1,03		
H_2O^-	0,62		
TOTAL	100,41		

(1) Il n'est pas tenu compte du chrome

R = 55,28

S = 19,79

T = 48,55

4.2. Etude de l'échantillon CH. 12 A

Cet échantillon est prélevé sur la coulée, près du cratère, en rive gauche du Chambon.

I.68

La patine est gris sombre à grise et tend à prendre l'aspect en "coupe de soleil" généralement attribué à la présence d'analcime (R. BROUSSE, communication personnelle).

La cassure est gris clair, piquetée de taches rouge orangé inframillimétriques soulignant la présence de l'olivine altérée.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

Le microfaciès de ce basalte est très différent de celui précédemment décrit. Tous les minéraux sont plus largement développés. Nous nous bornerons à signaler quelques détails particuliers.

- Les phénocristaux

. Les augites peuvent atteindre 0,35 à 0,40 millimètre dans leur plus grande dimension. Elles sont toujours zonées et présentent parfois la pseudo-macle en sablier. On observe quelques rosettes comprenant cinq ou six cristaux.

. Les olivines sont presque intégralement iddingsitisées (voir analyse modale).

- Les microcristaux

Les olivines sont entièrement iddingsitisées, la lame mince ne comporte pas de fraction vitreuse.

. Analyse modale (Echantillon CH.12 A)

Le comptage porte sur 1000 points.

Phénocristaux d'augite	4,7		
			--- 42,4
Microcristaux d'augite	37,7		
Phénocristaux d'olivine	0,7		
		6,6 --	
Phénocristaux d'olivine iddingsitisée	5,9		--- 9,8
Microcristaux d'olivine iddingsitisée	3,2		
Titanomagnétites	12,7		12,7
Indéterminés	0,2		0,2
Plagioclase	34,9		34,9
TOTAL	100,0		100,0

Pourcentage de phénocristaux : 5,4

COL = 65,1 ; PER = 18,7

Les indices de cette roche sont ceux d'un mélabasalte.

4.3. Etude de l'échantillon CH. 27 A.

Cet échantillon a été prélevé à l'amont du Fau au sein du lahar intermédiaire. Il s'agit donc d'un basalte pouvant aussi bien provenir de la Vestide du Pal que du Chambon.

Ce basalte est gris sombre tant en patine qu'en cassure. Celle-ci tend à être conchoïdale. On y observe de nombreuses petites enclaves du socle, le plus souvent monocristallines.

Etude en lame mince

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

Ce sont presque uniquement quelques olivines automorphes et limpides.

De rares augites isolées s'observent çà et là.

- Les microcristaux

. Les augites sont relativement moins abondantes que dans la plupart des lames minces étudiées.

. Les olivines présentent une tendance à l'automorphie. Comme les phénocristaux, elles sont parfaitement limpides.

. Les titanomagnétites atteignent à peine 0,001 millimètre pour les plus petites et près de 0,025 millimètre pour les plus grandes.

. Les plagioclases sont disposés en lattes plus ou moins parallèles. Ils impriment une texture à tendance fluidale à la lave. Les bords passent parfois progressivement au verre de la matrice.

. Le verre représente pratiquement le tiers de la lame mince. Il est rose et ne montre pas de phénomènes de dévitrification.

. Analyse modale (Echantillon CH. 27 A.)

Elle porte sur 1000 points de lave, les xénocristaux étant négligés.

I.71

Phénocristaux d'augite ------- 1,2 -----
Microcristaux d'augite ------- 38,6 ----- --------- 39,8

Phénocristaux d'olivine ------- 2,7 -----
Microcristaux d'olivine ------- 6,1 ----- --------- 8,8

Titanomagnétite ---------- 11,9 ---------- 11,9

Verre ---------- 31,4 ---------- 31,4

Plagioclase ---------- 8,1 ---------- 8,1

TOTAL ---------- 100,0 ---------- 100,0

Pourcentage de phénocristaux : 3,8

COL = 91,9 ; PER = 18,1 ; HYAL = 31.

Compte tenu de la teneur en verre et de l'indice de coloration voisine de 90, je propose le nom de phanéro-mélabasalte.

J'ai regroupé dans ce tableau les résultats des trois analyses modales proposées :

Minéraux ou verre	CH. 14		CH. 12A		CH.27	
Augites	56,2		42,4		39,8	
Olivines	8,5		9,8		8,8	
Titanomagnétites	10,8		12,7		11,9	
Verre	-		-		31,4	
		22,7		34,9		39,5
Plagioclases	22,7		34,9		8,1	
Indéterminés	1,8		0,2		-	
TOTAL	100,0		100,0		100,0	

Ce tableau montre que les différences signalées dans les descriptions se cantonnent essentiellement au niveau des faciès. Si nous formulons l'hypothèse raisonnable que le verre est de composition sensiblement feldspathique, nous voyons que les compositions modales ne varient pas notablement d'une roche à l'autre.

C2. Les basaltes de la ceinture d'éboulis

1. Introduction

Les blocs de basalte observés dans cette formation présentent des faciès variés. Leur taille va de quelques millimètres à un mètre et plus. La plupart des types rencontrés à la Vestide du Pal s'y retrouvent ; ils ne seront pas décrits dans ce paragraphe. Les provenances de ces basaltes sont probablement très diverses. Toutefois les plus nombreux sont des blocs descendus depuis les Sucs de Pal ou de Moulas. Les autres proviennent probablement de projections volcaniques.

L'échantillon décrit a été prélevé sous le Suc de Moulas.

2. Etude de l'échantillon VES. 52 A.

Il s'agit d'un bloc arrondi d'un décimètre sur 0,5 décimètre dont la patine rugueuse est gris clair à gris roux et dont la cassure est gris clair à gris bleuté.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

Ce sont exclusivement des olivines, parfois brisées. Elles sont souvent serpentinisées à la périphérie et le long des

cassures.

- Les microcristaux

• Les augites, moins abondantes qu'à l'accoutumée, ne présentent par ailleurs aucune particularité notable.

• Les olivines sont granulaires et plus ou moins serpentinisées.

• Les titanomagnétites sont automorphes et atteignent en moyenne 0,015 millimètre.

• Les plagioclases sont craquelés. Ils sont abondants et leur disposition imprime à cette lave une tendance fluidale.

• Les biotites sont présentés ici. Elles sont petites (0,010 millimètre) et très colorées.

• Analyse modale (Echantillon VES. 52 A)

Phénocristaux d'olivine	2,9		
		13,1	
Phénocristaux d'olivine serpentinisée	10,2		19,6
Microcristaux d'olivine	4,6		
		6,5	
Microcristaux d'olivine serpentinisée	1,9		
Microcristaux d'augite	19,9		19,9
Titanomagnétites	14,3		14,3
Biotites	1,1		1,1
Plagioclases	45,1		45,1
TOTAL	100,0		100,0

COL = 54,9 ; PER = 49,6

Pourcentage de phénocristaux : 2,9

Cette lave holocristalline, mésocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique, est un basalte selon la classification modale. La présence de biotite souligne le caractère alcalin (et hydraté) du magma.

C3. Les unités internes

Je décrirai dans deux paragraphes distincts l'unité septentrionale d'une part et les unités reposant sur le plancher inférieur de la caldeira d'autre part.

C.3.1. L'unité septentrionale (alt. 1241 m)

Introduction

Les basaltes constitutifs de cette unité ne diffèrent pas sensiblement d'un échantillon à l'autre. L'échantillon décrit est prélevé à l'extrémité orientale, à la cote 1215 mètres (voir carte).

Etude de l'échantillon VES. 74

Le basalte est criblé d'alvéoles le plus souvent sub-sphériques. Quelques unes sont étirées et peuvent atteindre un à trois centimètres selon leur grand axe. La plupart n'excèdent pas trois à quatre millimètres.

La patine est grise à gris roux et la cassure gris sombre.

Etude en lames minees

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

. Les augites pour la plupart n'excèdent pas 0,45 millimètre sur 1 millimètre. Elles sont toujours zonées et le coeur

peut être partiellement fondu.

Ces augites ont cristallisé sur un coeur d'origine homoeogène (ferrisalite sodique [1] [2]) ou sur du diopside[3] ou parfois sur un clinopyroxène d'origine sialique[4].

. Les olivines sont le plus souvent automorphes. Elles mesurent en moyenne 0,1 à 0,4 millimètre sur 1,2 à 2,2 millimètres. Les plus grandes atteignent 4,2 millimètres sur 1,9 millimètre. Toutes sont limpides.

- Les microcristaux

Ce sont :

. Des olivines granulaires et limpides.

. Des augites en prismes trapus (0,05 millimètre sur 0,03 millimètre) et en granules (0,02 millimètre).

. Des titanomagnétites granulaires ou automorphes (0,005 à 0,015 millimètre).

. Des plagioclases peu abondants (microlithes de 0,01 sur 0,06 millimètre).

. Analyse modale (Echantillon VES.74)

Elle porte sur 1022 points dont 22 points correspondant à des xénocristaux d'olivine, soit 2,1 %.

---

(1) J. BABKINE et al. (1968, p.141-150).

(2) J.P. ILDEFONSE (1970, p.92)

(3), (4) Voir chapitre XV.

Phénocristaux d'augite	2,0		
Microcristaux d'augite	56,6		58,6
Phénocristaux d'olivine	8,6		
Microcristaux d'olivine	3,1		11,7
Titanomagnétite	16,1		16,1
Plagioclase	13,6		13,6
TOTAL	100,0		100,0

Pourcentage de phénocristaux : 10,6

COL = 86,4 ; PER = 16,6

Cette lave holocristalline, mélanocrate, holoplagioclasique, méso-péridotique, est un mélabasalte. La richesse en augite en fait plus précisément une ankaramite.

C.3.2. Les unités du plancher inférieur

1. Le pain de sucre septentrional (alt. 1263)

Introduction

En patine le basalte est gris-noir. On y remarque de nombreuses alvéoles généralement millimétriques à plurimillimétriques, parfois centimétriques. Ces alvéoles sont étirées parallèlement à l'enveloppe de l'appareil. La mise en place ne s'est donc pas faite par projection mais, soit par injection d'un matériel encore plastique, soit par petites coulées successives mais alors la pente paraît avoir été bien importante.

Etude de l'échantillon VES. 61

La patine et la cassure sont gris-sombre.

Etude en lames minces

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

. Les augites mesurent le plus souvent 2 à 3 millimètres, exceptionnellement jusqu'à un centimètre. Elles sont parfois arrondies.

. Les olivines, parfois squelettiques, sont rubéfiées à la périphérie et le long des cassures. Quelques unes sont riches en inclusions de spinelles (0,005 millimètre).

. Les microcristaux

Ce sont :

Des augites très abondantes (0,040 à 0,060 sur 0,015 millimètre).

Des olivines granulaires.

Des titanomagnétites (0,005 millimètre à 0,020 millimètre).

Des plagioclases rares et disposés de façon quelconque.

. Analyse modale (Echantillon VES. 61)

Phénocristaux d'augite	1,7		
		----------	59,8
Microcristaux d'augite	58,1		
Phénocristaux d'olivine	10,0		
		---- 11,3 ----	
Phénocristaux d'olivine altérée	1,3		16,5
Microcristaux d'olivine	3,8		
		---- 5,2 ----	
Microcristaux d'olivine altérée	1,4		
Titanomagnétite	14,0	----------	14,0
Minéraux indéterminés	0,4	----------	0,4
Plagioclase	9,3	----------	9,3
TOTAL	100,0	----------	100,0

COL = 90,70 ; PER = 21,6

Cette lave holocristalline, holomélanocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est un mélabasalte. L'extrême richesse en augite permet de la qualifier plus précisément d'ankaramite.

Pourcentage de phénocristaux : 13

Fraction microcristalline (pourcentages relatifs)

Olivine	6,0	
Augite	66,8	
Titanomagnétite	16,1	COL = 89,3
Minéraux indéterminés	0,4	PER = 8,2
Plagioclase	10,7	
TOTAL	100,0	

La fraction microcristalline a bien une composition modale d'ankaramite.

2. Le pain de sucre méridional (alt. 1244 mètres)

Ce basalte est massif, à alvéoles rares, roux en patine et gris clair en cassure.

Etude en lame mince (Echantillon S.3)

. Etude qualitative

- Les phénocristaux

Ce sont uniquement des olivines dont la plus grande dimension excède exceptionnellement 1,5 millimètre. Généralement, seul le coeur reste limpide. La périphérie est gainée d'un liseré de minéral opaque. Les plus petits phénocristaux (0,10 à 0,20 millimètre) sont plus largement altérés et parfois totalement pseudomorphosés en minéral opaque.

- Les microcristaux

Ce sont :

Des augites abondantes.

Des titanomagnétites.

Des olivines rares et largement pseudomorphosées en minéral opaque.

De rares plagioclases automorphes auxquels s'adjoignent de nombreux plagioclases xénomorphes tapissant tout le fond de la lame mince.

. Analyse modale (Echantillon S.3)

Le comptage porte sur 1000 points de lave.

Phénocristaux d'olivine	10,5		
Phénocristaux d'olivine pseudomorphosée en oxyde opaque	2,2	12,7	16,5
Microcristaux d'olivine	1,8		
Microcristaux d'olivine pseudomorphosée en oxyde opaque	2,0	3,8	
Microcristaux d'augite	51,8		51,8
Titanomagnétite	9,8		9,8
Plagioclase	21,9		21,9
TOTAL	100,0		100,0

COL = 78,1 ; PER = 24,1

Pourcentage de phénocristaux : 12,7

Cette lave holocristalline, mélanocrate, holoplagioclasique, méso-péridotique est un mélabasalte.

3. L'éminence de la cote 1205 mètres

Ce basalte est gris à gris roux en patine. On y remarque des vacuoles allongées et disposées en traînées parallèles.

Etude en lame mince (Echantillon VES. 43)

. Description qualitative

- Les phénocristaux

. Les olivines se présentent en prismes trapus (0,40 sur 0,55 millimètre) ou en baguettes allongées (0,09 sur 0,60 millimètre).

. Les augites sont rares et de petite taille (0,30 sur 0,45 millimètre). Elles sont toujours zonées.

- Les microcristaux

. Les augites, en grains ou en baguettes, sont très abondantes.

. Les olivines, granulaires, sont peu nombreuses.

. Les titanomagnétites sont automorphes et régulièrement réparties.

. Les plagioclases sont peu abondants mais bien individualisés.

. Analyse modale (Echantillon VES. 43)

Elle porte sur 1021 points dont 21 xénocristaux d'olivine soit 2 % de la roche globale.

I.81

Phénocristaux d'augite	1,5	-----	60,7
Microcristaux d'augite	59,2		
Phénocristaux d'olivine	9,1	------	13,4
Microcristaux d'olivine	4,3		
Titanomagnétite	13,8	------	13,8
Plagioclase	12,1	------	12,1
TOTAL	100,0	------	100,0

Pourcentage de phénocristaux : 10,6

COL = 87,9 ; PER = 18,0

Cette lave holocristalline, mélanocrate, holoplagioclasique, mésopéridotique est un mélabasalte et plus précisément une ankaramite.

c. Analyse chimique (Echantillon VES. 43)

Analyse nouvelle R. DURET

Poids d'oxydes		Pourcentages cationiques chrome non compris	
SiO_2	41,64	Si	39,74
Al_2O_3	10,40	Al	11,67
Fe_2O_3	6,73	Fe^{3+}	4,81
FeO	6,44	Fe^{2+}	5,12
MnO	0,03	Mn	0,02
MgO	11,89	Mg	17,02
CaO	10,36	Ca	10,59
Na_2O	3,94	Na	7,27
K_2O	1,59	K	1,93
TiO_2	2,03	Ti	1,45
P_2O_5	0,39	P	0,31
Cr_2O_3	2,54(1)	TOTAL	99,93
H_2O^+	1,04		
H_2O^-	0,82		
TOTAL	99,84		

R = 46,55
S = 20,99
T = 37,16
Θ = 4,58 (2)

---

(1) Cette teneur en chrome paraît sensiblement excessive. L'analyse chimique n'ayant pu être refaite à ce jour, je donne ce résultat à titre purement indicatif.

(2) Cette valeur un peu particulière de Θ sera discutée au chapitre XI.

Paramètres de Niggli :

SI	AL	FM	C	ALK	TI	P	K	MG
81,09	13,86	55,11	21,61	9,40	2,96	0,32	21,02	63,02

Norme C.I.P.W. :

QZ	OR	AB	AN	NE	DI	OL	CR	MA	IL
0,00	9,40	4,98	5,97	15,34	33,63	10,42	3,74	9,75	3,85

Paramètres de Lacroix :

Paramètres	P	Q	R	S	H	K	L	M
Valeur	0,3789	0,4297	0,7891	0,2102	0,7639	0,7633	0,7030	0,7678
Classe	3	7	2	4	2	2	2	2

Les paramètres de cette lave sont ceux d'une basanite selon la classification chimico-minéralogique de LACROIX.

Nomenclature paramétrale : III(IV). 3'. '7.4. (2.2.2'.'2).

IV. LES ENCLAVES

1°) Enclaves homoeogènes

J'ai observé trois types d'enclaves homoeogènes :

- des agglomérats d'augite ;

- des macro et phénocristaux de salite dont l'étude est effectuée au chapitre "enclaves homoeogènes" ;

- des pyroxénolites considérées comme un faciès hétéromorphe du basalte, également étudiées au chapitre "enclaves homoeogènes ;

- des amphiboles, généralement fantomatiques, dont le contour est souligné par des exsudats de titanomagnétite.

2°) Les nodules de péridotites

Ils sont exceptionnellement abondants. Leur description fait l'objet d'un chapitre particulier.

3°) Enclaves enallogènes

La liste proposée ici est nécessairement incomplète car la variété des faciès du socle magmatitique se retrouve dans les enclaves rencontrées. Les plus fréquentes sont des microganites, des granites à cordiérite, des amphibolites, des micaschistes, etc... A ces enclaves correspondant aux différents faciès connus à l'affleurement s'ajoutent des norites et des granulites à grenats dont l'étude est effectuée dans un chapitre particulier.

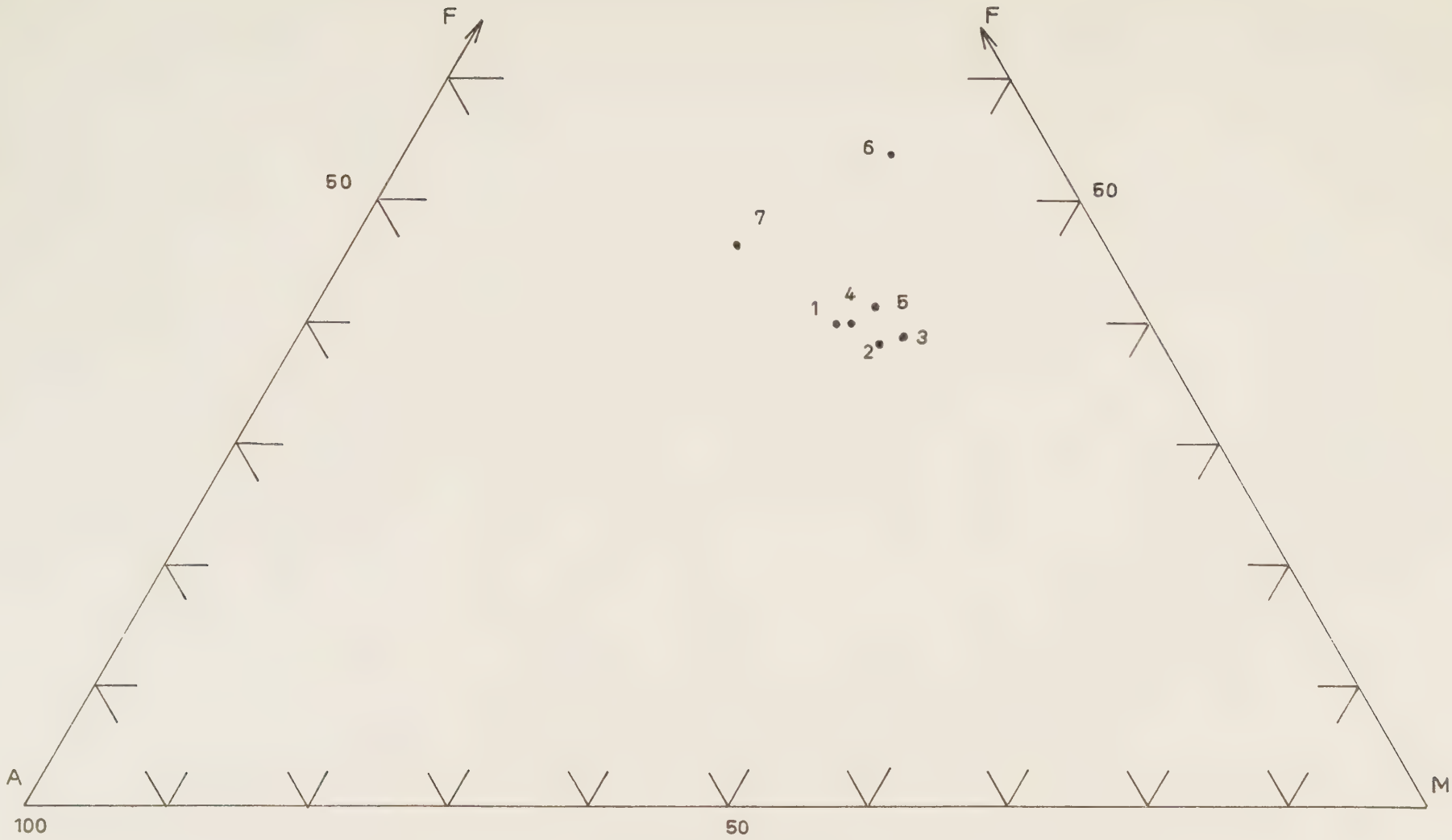
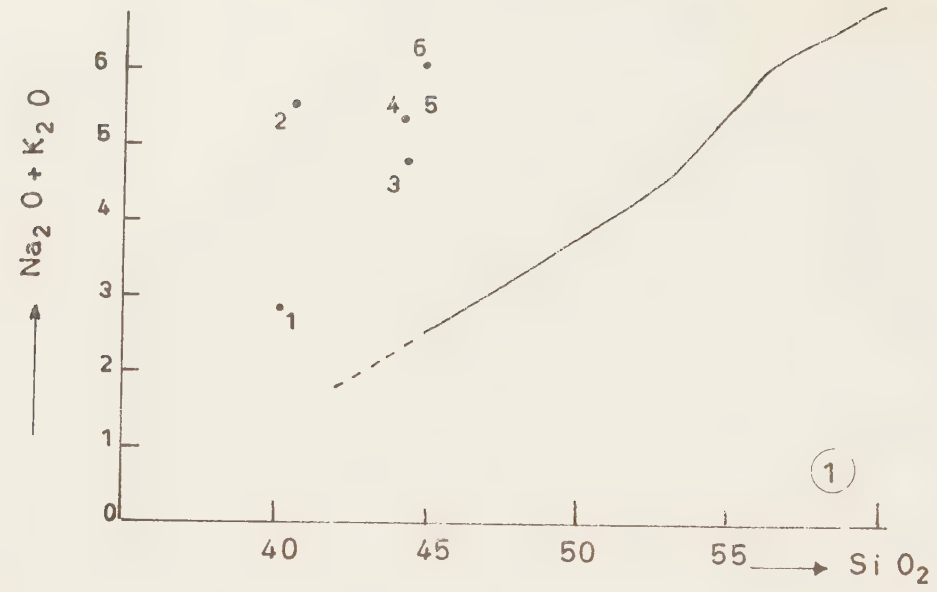


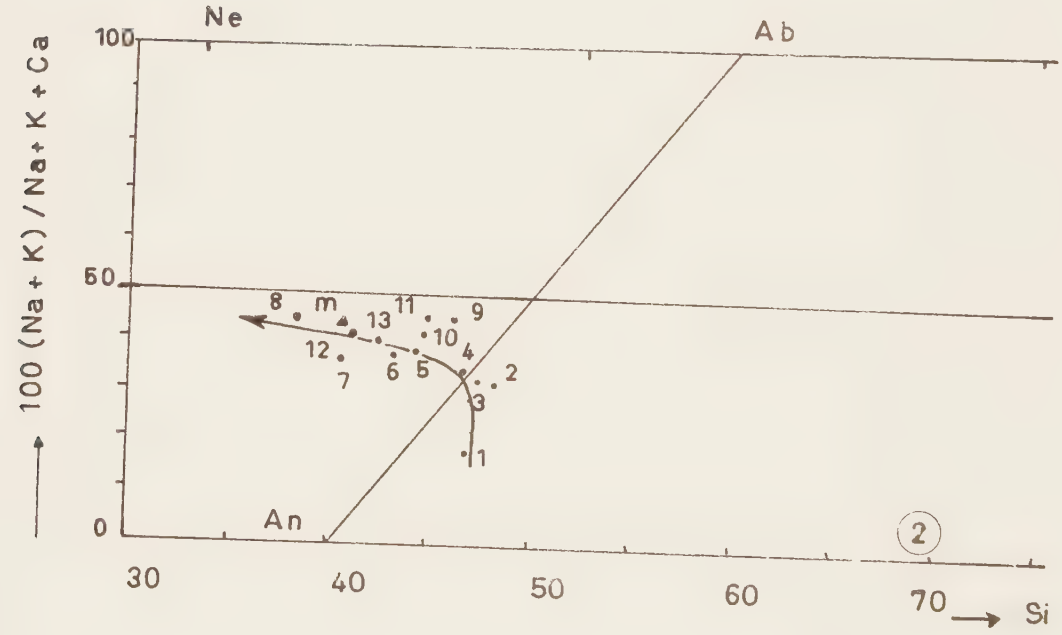
Diagramme AFM : BASALTES DE LA VESTIDE DU PAL ET DU CHAMBON.

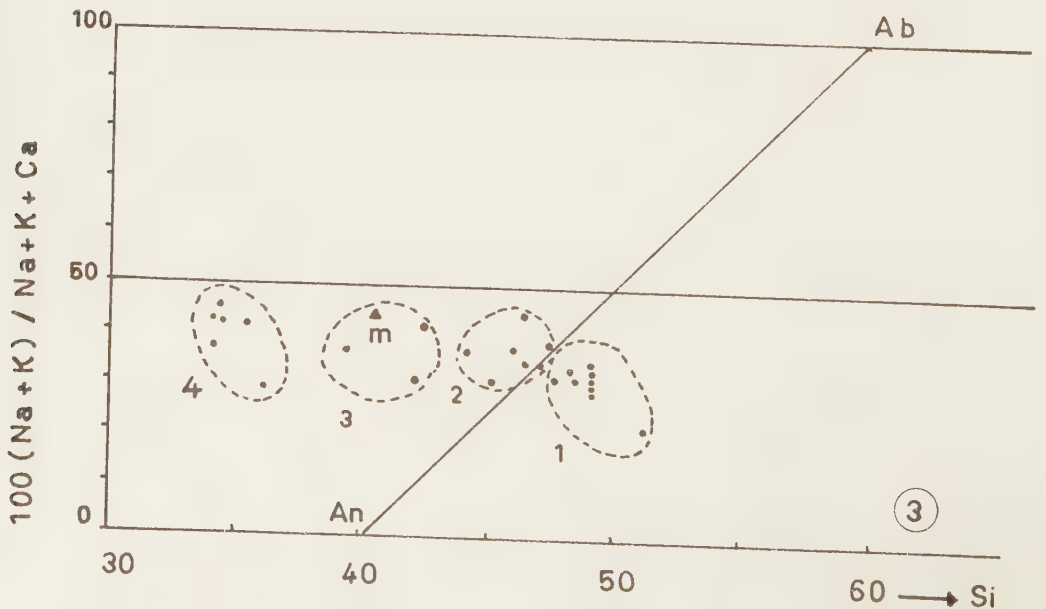
Numéros des échantillons : 1 : 31 Ves. _ 2 : 74 Ves. _ 3 : 64 Ves. _ 4 : Ves.S. _ 5 : 43 Ves. _ 6 : 35 Ves. _ 7 : 14 Ch. _

Pourcentages en titanomagnétite dans l'analyse modale : 1 : 12,3 - 2 : 16,1 - 3 : 14,0 - 4 : 9,8 - 5 : 13,8 - 6 : 21,1 - 7 : 10, 8

89


$Na_2O + K_2O$
0
1
2
3
4
5
6
40
45
50
55
SiO_2
1
2
3
4
5
6


100 (Na + K) / Na + K + Ca
Ne
Ab
An
100
50
0
30
40
50
60
70
Si
8
m
13
11
9
10
4
12
7
6
5
2
3
1


100 (Na + K) / Na + K + Ca
Ab
An
100
50
0
30
40
50
60
Si
m
4
3
2
1

I - TENEUR EN ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE DES LAVES DE LA VESTIDE DU PAL

1, VES.36 - 2, VES.43 - 3, VES.64 - 4, VES.74 - 5, VES.S - 6, VES.31.

(A), Domaine des basaltes alcalins.

2 - COMPARAISON DES LAVES DE LA VESTIDE DU PAL ET DE QUELQUES BASALTES PRIMAIRES

1 à 13 (.) cités in YAMASAKI et BROUSSE (1963).

1 à 3 basaltes tholéiitiques : 1, Japon et Corée, in KUNO (1960) - 2, moyenne mondiale d'après NOCKOLS (1954) - 3, moyenne mondiale d'après GREEN et POLDERVAART (1955) - 4, "high-alumina-basalts", Japon et Corée in KUNO (1960) - 5, "alcali-olivine-basalts", Japon et Corée in KUNO (1960) - 6, "olivine-basalts", Pacifique d'après GREEN et POLDERVAART (1955) - 7, "olivine-basalt", Tahiti (moyenne de 10 analyses) in YAMASAKI et BROUSSE (1963) - 8, olivine-néphélinite, Otago, Nouvelle-Zélande d'après BENSON (1942) - 9, moyenne mondiale d'après DALY (1933) - 10, chaîne des Puys in YAMASAKI et BROUSSE (1963) - 11, Mont-Dore et Cantal, basalte II (13 analyses) in YAMASAKI et BROUSSE (1963)- 12, Velay (8 analyses) in YAMASAKI et BROUSSE (1963) - 13, Mont-Dore et Cantal, basalte III (29 analyses) in YAMASAKI et BROUSSE (1963). m (▲), LA VESTIDE DU PAL (ARDECHE) (6 analyses nouvelles).

3 - COMPARAISON DES LAVES DE LA VESTIDE DU PAL ET DES BASALTES PRIMAIRES D'HAWAII

1, basalte tholéiitique - 2, basalte à olivine - 3, basanite à néphéline - 4, basanite à néphéline et mélilite - m (▲), basanitoïdes, la Vestide du Pal (Ardèche).

CONCLUSION

A. Dynamisme et chronologie relative des phénomènes

1°) La Vestide du Pal

Les premières manifestations ont un caractère explosif. Elles conduisent à la mise en place de tufs (formation du Pal).

Un effondrement du plancher de la caldeira succède à cette première étape. Les basaltes épanchés à ce moment pendent effectivement vers le centre de la Vestide du Pal.

Ultérieurement les cônes internes se mettent en place, peut-être à la manière de necks pour les derniers d'entre eux.

2°) Le volcan du Chambon doit être considéré comme un cratère adventif précoce dont l'histoire ne peut être dissociée de celle de la Vestide du Pal.

3°) Les lahars précisent les relations entre les deux appareils. Ils traduisent la remobilisation des tufs dans un contexte climatique périglaciaire.

B. Nature des produits du volcanisme et des enclaves

Les produits du volcanisme sont extrêmement variés (tufs, basaltes, nodules de péridotites, pyroxénolites).

Les laves se placent dans le champ des basanites à néphéline (voir diagrammes).

L'étude des enclaves enfin a permis la découverte de roches du faciès charnockite qui sont inconnues à l'affleurement dans la région.

CHAPITRE II

-:-

LES VOLCANS DU BAUZON

-:-

INTRODUCTION

1°) Situation

Le Suc de Bauzon (1474 mètres) est situé à 1,2 kilomètre au Sud-Sud-Ouest de Rieutord, et à quelques centaines de mètres au Nord-Ouest de la Vestide du Pal.

2°) Historique des études antérieures

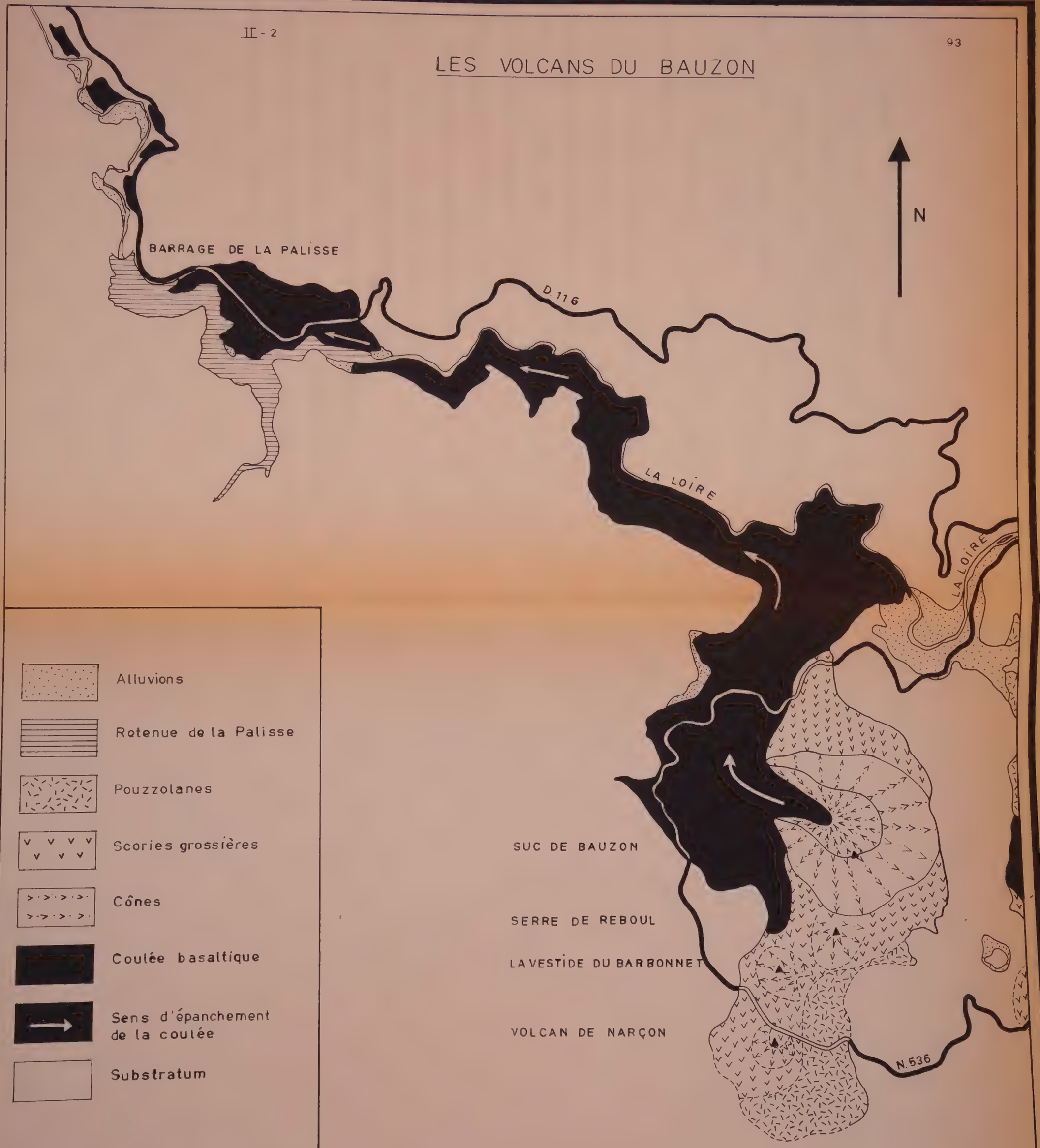
Parfois cité, quelquefois sommairement décrit, le Bauzon n'a fait l'objet jusqu'à nos jours d'aucune étude détaillée :

- POULETT-SCROPE qui mentionne pourtant le "cratère de la Vestide du Pal" (1826, p.198), ignore l'existence du Bauzon.

- DALMAS (1872, p.62) y voit un sous-produit de la Vestide du Pal et retient qu'il a rejeté "seulement des matières ignées".

- FABRE (1887, p.349) écrit : "Le géologue qui, partant de Langogue veut explorer les confins du Velay et du Vivarais ... ne peut manquer d'être attiré vers l'Est par le profil hardi d'un cône volcanique qui domine au loin toute la contrée, c'est le Suc de Bauzon (1474 m) ; c'est le cône de scories le plus élevé de la France Centrale".

LES VOLCANS DU BAUZON



- BOULE (1906, p.36) écrit "Les pics du Pal et de Bauzon ... sont deux vastes amas de projections et de scories, aux formes surbaissées, aux contours irréguliers".

- BOZON (1963, p.181) nous donnera une description plus détaillée de "... ce volcan égueulé qui impressionne davantage par son altitude et ses dimensions".

Ce bref historique des travaux antérieurs appelle au moins deux commentaires :

- En dehors de BOZON qui nous donnera des précisions chiffrées, les auteurs se sont bornés à nous transmettre plutôt une impression qu'une description. Ces impressions sont parfois contradictoires ; ainsi BOULE qui venait probablement de la région des Sucs Phonolitiques de la Haute Loire y voit "un amas aux formes surbaissées". FABRE qui venait de traverser "... les hauts et tristes plateaux gneissiques de Lanarce, sur lesquels semblent encore planer les sanglantes légendes de l'auberge de Peyrebeille" y voit "un cône volcanique au profil hardi".

- Les auteurs, y compris BOZON, ne distinguent qu'un seul cône. Tout au plus BOULE a-t-il remarqué "l'irrégularité des contours" qui, nous le verrons, est due à la contiguité de quatre cônes qui se sont succédés dans le temps.

I. DESCRIPTION

La réalisation des levers au 1/10 000e m'ont conduit à distinguer quatre unités géographiquement distinctes que je décrirai succintement :

- Le volcan de Narçon
- Le volcan de la Vestide du Barbonnet
- Le cône de la Serre de Reboul
- Le cratère et la coulée du Suc de Bauzon

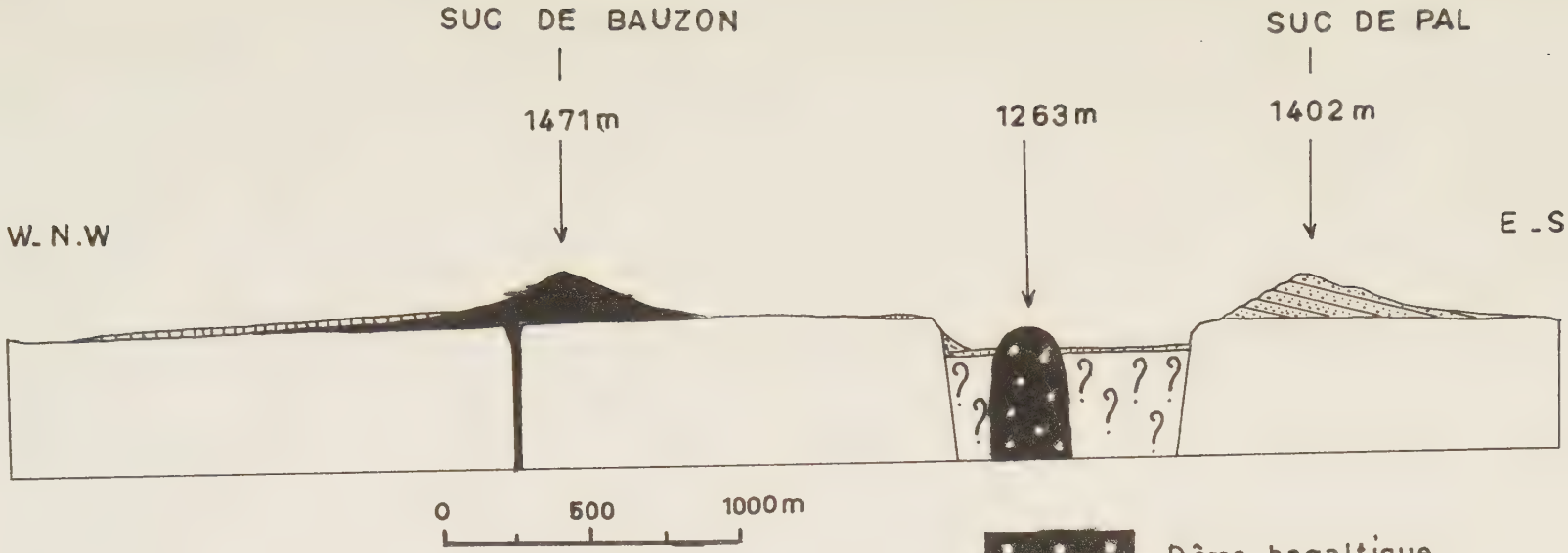
1°) Le volcan de Narçon

Il est situé à la bordure Sud de la route Nationale 536, à une centaine de mètres au Nord de la ferme de Narçon. Il s'agit d'un cône (altitude 1282 mètres) s'élevant d'une trentaine de mètres au-dessus du socle. Ce cône présente un cratère faiblement dessiné et ouvert en direction du Nord.

Ce volcan est essentiellement constitué de projections mal classées (pouzzolanes et bombes).

Les pouzzolanes sont surtout abondantes sur le flanc Sud où elles coexistent avec des bombes plus ou moins intactes et des fragments centimétriques à décimétriques de basalte provenant pour partie de la fragmentation de bombes.

Les bombes dominent au coeur du volcan où elles sont abondantes et de grande taille, pouvant fréquemment atteindre et même dépasser un mètre. Elles sont généralement trapues, légèrement ovoïdes mais au plus une fois et demie plus longues que larges. Quelques-unes présentent néanmoins une extrémité renflée et une



Alluvions

Brèches de pente

Tufs stratifiés du Suc de Pal

Cône strombolien du Bauzon

Dôme basaltique

Cheminée d'alimentation (supposée) du Suc de Bauzon

Coulées basaltiques

Substratum

COUPE W_N_W — E_S_E PASSANT PAR LE SUC DE BAUZON ET LE SUC DE PAL

ECH. 1/25.000

II-5

96

extrémité légèrement pointue. Il s'agit toujours de bombes en "croûte de pain", de couleur rouge, dont la surface largement fendue laisse voir un basalte très oxydé.

En résumé, avec le volcan de Narçon nous nous trouvons pour la première fois dans cette étude, en présence d'un appareil qui soit à peu près exclusivement fait de projections.

2°) Le volcan de la Vestide du Barbonnet

Le volcan de la Vestide du Barbonnet est situé à moins d'une centaine de mètres au Nord du cratère de Narçon. Il a la forme d'un cône à base sub-elliptique de 500 mètres de grand axe (Nord-Ouest-Sud-Est) et de 300 mètres de petit axe. Son sommet (altitude 1326 mètres) domine le socle de trente à quarante mètres et l'unique cratère, faiblement marqué, regarde vers le Sud-Est.

Ce volcan est fait essentiellement de pouzzolanes mais on trouve en moindre quantité des bombes plus ou moins fragmentées et des blocs de basalte alvéolaire, noyés dans les pouzzolanes.

3°) Le cône de la Serre de Reboul

Cet appareil est situé immédiatement au Sud du Pic de Bauzon. Il mesure à la base 350 mètres sur 300 mètres environ et culmine à 1344 mètres.

En l'état actuel des choses il est à peu près impossible d'en faire une description rigoureuse. En effet, les seuls affleurements visibles sont situés à la limite commune avec la Vestide du Barbonnet. Il s'agit de pouzzolanes dont l'origine est diffi-

cilement appréciable. En suivant la Serre de Reboul on traverse ce volcan du Sud au Nord sans trouver de bons affleurements. Une très belle hêtraie et son sol masquent en effet le substratum. Une certaine proportion des blocs de basalte et des bombes rencontrés proviennent très probablement du Pic de Bauzon qui est contigu au Nord. La limite commune aux deux appareils est néanmoins soulignée par un col peu marqué.

4°) Le Suc de Bauzon[1] et sa coulée

4a. Le Suc de Bauzon

P. BOZON (1963, p.618) en donne une bonne description : "Il domine de plus de deux cents mètres le plateau cristallin. Le demi-cercle sommital a 5 ou 600 mètres de diamètre et se dresse d'au moins 80 mètres au-dessus du centre du cratère.

L'égueulement vers l'Ouest est largement prononcé, non pas par une fissure assez étroite comme à Jaujac ou Aizac, mais par une vaste brèche, qui ouvre tout le flanc de la montagne. Le Suc de Bauzon peut passer pour un prototype de volcan égueulé".

Cette description campe parfaitement le Suc de Bauzon ; néanmoins les chiffres cités doivent être légèrement corrigés et la nature des matériaux constitutifs du Suc précisée.

Le diamètre du cratère est de 430 mètres au sommet, ce qui est tout de même honorable mais nettement inférieur aux "5 ou 600

---

(1) La carte topographique se situe à l'altitude de 1471 mètres alors qu'il est indiqué à 1474 mètres dans la littérature géologique.

mètres" que BOZON lui attribue. La profondeur du cratère est par contre sensiblement plus importante que celle citée ("au moins 80 mètres"). Si on compare les altitudes respectives du Pic de Bauzon (1471 mètres) et du toit de la coulée que je situe pour ma part au voisinage de la cote 1320-1330 mètres, on observe une différence d'altitude de près de 150 mètres. Ces dimensions donnent une idée du volume du lac de lave qui était contenu dans le cratère du BAUZON et dont on retrouve les traces sur ses flancs. On s'explique ainsi la largeur inhabituelle de l'égueulement qui s'observe aujourd'hui.

Les pentes extérieures du Suc atteignent presque partout 20 degrés, parfois 25 degrés. Elles sont donc, comme le souligne BOZON, un peu plus faibles qu'à Aizac où on rencontre des pentes atteignant 30 degrés.

Le cône est fait d'une alternance irrégulière de pouzzolanes, de blocs de basalte scoriacé, de bombes fuselées et de petites coulées de quelques décimètres à quelques mètres de basalte généralement alvéolaire, parfois massif.

Près du sommet, sur la lèvre méridionale du cratère, on trouve une coulée de basalte massif de 7 à 10 mètres de puissance. Il s'agit évidemment d'une coulée antérieure à la coulée principale. Cette coulée matérialise un débordement du lac de lave qui occupait alors le coeur du cratère.

Ce volcan a projeté des pouzzolanes à de grandes distances (plusieurs centaines de mètres). Certaines sont tombées au Sud sur les cônes de la Vestide du Barbonnet et du Reboul, d'autres

se sont répandues au Nord de l'appareil, jusqu'au bord de la route Nationale 536 qui les recoupe sur environ 500 mètres. On voit là qu'il s'agit bien de projections en place : elles alternent en effet avec de petites coulées de basalte scoriacé à pendage de quelques degrés vers le Nord.

On retrouve quelques placages de pouzzolanes sur la rive droite de la Loire, à 900 mètres environ au Nord de Rieutord, face au lieu dit "Le Pont", il est néanmoins difficile de savoir si ces projections doivent être attribuées au Bauzon ou si l'origine doit en être recherchée à la Vestide du Pal. La remarque est valable pour les larges placages qui s'étendent sur une centaine de mètres de part et d'autre et au-dessus de "La Besse".

4b. La coulée basaltique

Le cône du Suc de Pal est égueulé vers l'Ouest-Nord-Ouest. L'importante masse de basalte émise est arrêtée à l'Ouest par le socle qui affleure à Champ Latier. Elle s'oriente alors franchement vers le Nord et atteint la Loire à environ 500 mètres à l'aval de Rieutord, là où celle-ci termine son parcours vers le Sud. La coulée est ensuite déviée une deuxième fois par la puissante falaise que dessine le socle à l'aval de Rieutord, en rive droite. On la suit de façon continue jusqu'à l'amont du barrage de Lapalisse au-delà duquel elle est très morcelée. La longueur totale de cette coulée est de 7,5 kilomètres et sa puissance maximum voisine de 40 mètres. Localement la surface est irrégulière et évoque vaguement l'aspect d'une cheire. Elle est faite de basalte massif englobant quelques rares passées scoriacées. La base

de la vraie colonnade épouse parfaitement le profil des épontes alors que sa limite supérieure est quasiment plane.

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES PRODUITS VOLCANIQUES

J'étudierai ici uniquement les principaux types de basaltes rencontrés (1), en envisageant successivement les quatre appareils distingués plus haut.

1°) Le volcan de Narçon

Les blocs et fragments de basaltes rencontrés se présentent sous deux faciès principaux :

- Un basalte gris clair en patine, noir en cassure contenant quelques bulles inframillimétriques légèrement étirées. Je l'appelle basalte du type 1 (échantillon BZ 27 A.)

- Un basalte brun à roux en patine, à surface rainurée (échantillon BZ 28 A.). La cassure est gris sombre à rousse, la texture alvéolaire. Les alvéoles, légèrement étirées, sont pour la plupart inframillimétriques. Toutefois quelques-unes mesurent 1 à 2 millimètres, exceptionnellement plus.

Etude en lames minces

Le basalte du type 1 (échantillon BZ 27 A)

Il s'agit d'un basalte à tendance felsitique, à texture nettement fluidale que renforce l'alternance de lits sombres et

---

(1) Les pouzzolanes citées au paragraphe II ne feront l'objet d'aucune description ici. Elles sont étudiées au chapitre V.

de lits clairs.

Les phénocristaux : ce sont uniquement des olivines de taille d'ailleurs modeste (0,8 millimètre sur 0,5 millimètre au maximum).

Les microcristaux :

Les olivines sont fréquemment automorphes. Les prismes sont trapus et souvent de petite taille (0,025 millimètre sur 0,025 millimètre).

Les augites se présentent en petits prismes (0,09 millimètre sur 0,008 millimètre). Quelques-unes plus développées (0,35 millimètre sur 0,15 millimètre), sont peut être des phénocristaux. Elles se distinguent d'ailleurs des précédentes par leur faciès en sablier.

Les plagioclases sont bien cristallisés mais extrêmement petits (0,07 millimètre sur 0,005 millimètre à 0,01 millimètre sur 0,002 millimètre).

La titanomagnétite est abondante mais très finement cristallisée (0,005 millimètre sur 0,005 millimètre).

Le fond est constitué de cristallites développés dans un verre jaune-brun.

Le basalte de type 2 (Echantillon BZ 28 A)

Les phénocristaux :

Les olivines en constituent la quasi totalité.

Une seule augite (0,50 millimètre sur 0,40 millimètre) a été observée dans la lame mince décrite.

Les microcristaux ne présentent aucune orientation ; ce sont :

Des olivines automorphes (0,02 millimètre sur 0,015 millimètre) ;

Des augites automorphes (0,075 à 0,040 millimètre sur 0,015 millimètre), parfois zonées ;

Des grains abondants de titanomagnétite (0,005 millimètre) ;

Des plagioclases (0,035 à 0,010 millimètre sur 0,002 millimètre).

Le fond, d'aspect vitreux, semble en fait très finement cristallisé et pour l'essentiel constitué de cristallites d'augite .

En conclusion le faciès décrit est celui d'une roche ayant subi un refroidissement rapide. Il s'agit donc bien d'un fragment de bombe, comme le suggère la description macroscopique.

2°) La Vestide du Barbonnet

Le basalte décrit (échantillon BZ 25 A) provient de fragments de bombes prélevés sur les flancs de la Vestide du Barbonnet. Il est gris clair en patine, noir en cassure. On y remarque de multiples bulles alignées en traînées grossièrement parallèles et quelques phénocristaux d'augite.

Etude en lames minces

Phénocristaux :

Les augites (1,2 à 1,7 millimètre sur 0,8 à 0,9 millimètre) présentent quelquefois des macles polysynthétiques. Très

souvent le coeur est partiellement fondu. Dans la zone fondue cristallisent parfois des microcristaux d'olivine (0,01 sur 0,03 millimètre à 0,06 sur 0,07 millimètre) et plus rarement de petits plagioclases (0,020 sur 0,005 millimètre).

L'augite est parfois coaxiale sur un cristal de bronzite qu'entoure souvent une couronne intermédiaire faite d'olivines granulaires (voir chapitre XV).

Certaines augites enfin semblent s'être développées sur un nucleus généralement arrondi de diopside.

Les grandes olivines sont nombreuses, cependant nous ne les citerons que pour mémoire car il s'agit semble-t-il à peu près uniquement de xénocristaux comme en témoignent l'absence quasi générale de formes automorphes et l'existence fréquente de macles mécaniques.

Les microcristaux. Ce sont :

Des olivines granulaires (0,03 sur 0,03 millimètre)

Des prismes d'augites (0,1 sur 0,02 millimètre au maximum) ;

Des microlithes de plagioclase (0,005 sur 0,010 millimètre à 0,015 sur 0,05 millimètre) ;

Des grains de titanomagnétite (0,014 à 0,005 millimètre).

Un verre brun jaune complète cette association.

3°) Le cône de la Serre de Reboul

Le basalte décrit (Echantillon BZ 30 A) est gris à roux en patine, gris sombre à noir en patine et présente une texture alvéolaire. Les bulles sont le plus souvent plus ou moins ellipsoïdales, le plus souvent inframillimétriques à plurimillimétriques.

Etude en lames minces

Les bulles ont parfois dans le détail un contour sinueux. Elles communiquent assez largement entre elles.

Les phénocristaux :

Les olivines

Elles prédominent, toutefois aux phénocristaux s'ajoute une certaine proportion de xénocristaux qu'il est difficile de distinguer car ils sont dépourvus des macles mécaniques qui en permettent habituellement la reconnaissance immédiate.

Les augites

Une fois encore, elles ne sont pratiquement pas représentées (quelques rares cristaux : 0,9 sur 0,35 millimètre).

Les microcristaux :

Les augites et les olivines prédominent.

Les plagioclases atteignent 0,075 millimètre sur 0,1 millimètre. Ils sont donc plus développés que dans les laves rencontrées au Narçon et à la Vestide du Barbonnet ; ils sont également plus abondants.

Les titanomagnétites sont largement représentées (cristaux automorphes de 0,02 à 0,015 millimètre).

Un verre jaune-brun constitue le fond.

4°) Le Suc de Bauzon et la coulée de la Loire

A) Le Suc de Bauzon

Comme dans les paragraphes précédents, seuls les principaux types de basaltes rencontrés sont étudiés ; ce sont :

le basalte scoriacé rencontré au sommet du Suc (Echantillon BZ 19 A) ;

le basalte de la coulée massive observée à la lèvre méridionale du cratère (Echantillons BZ. 15 A. et BZ 16 A.) ;

des échantillons (BZ 20 A.) d'un basalte massif, à mégacristaux et phénocristaux d'augite, rencontré en blocs "volants" sur les pentes et à la périphérie du Suc.

A.a.) Le basalte scoriacé du sommet du Suc de Bauzon

Vers le sommet du cratère on rencontre d'abondantes scories dont la couleur rouge brique évoque en première analyse les laves rencontrées au sommet du Souillol. C'est là en fait le seul point commun car ici les laves ne sont ni soudées ni a fortiori cordées. De plus leur surface a un aspect scoriacé qu'on ne retrouve évidemment pas dans les échantillons prélevés au sommet du Souillol.

Etude en lames minces (Echantillon BZ. 19 A.)

Ce basalte se révèle parfaitement cristallisé en dépit de son aspect scoriacé.

Les phénocristaux :

Les olivines en constituent l'essentiel. Elles sont largement détruites et se reconnaissent en fait à la forme idiomorphe de leurs fantômes où sont conservées quelques plages pléochroïques (rouge à jaune orangé) "d'iddingsite". Cette dernière alterne avec des plages d'aspect vitreux, à léger pléochroïsme (jaune clair à jaune brun) contenant des grains abondants de minéraux opaques.

Des augites zonées s'observent également. Elles présentent fréquemment la pseudo-macle en sablier.

Les microcristaux :

Les augites sont prédominantes.

Les olivines, en grains automorphes, présentent le même type d'altération que les phénocristaux.

Les plagioclases, microlithiques, et les titanomagnétites complètent cette paragénèse.

Un verre, d'aspect vermiculé, constitue le fond de la lame mince.

A.b) Le basalte de la coulée constituant la lèvre méridionale du cratère (Echantillons BZ. 15 A. et BZ. 16 A.)

Ce basalte massif est gris-clair en patine, gris sombre en cassure. On y observe de nombreux mégacristaux et phénocristaux d'olivine et des phénocristaux d'augite. Il est dans l'ensemble homogène mais englobe toutefois quelques traînées scoriacées de un à quelques centimètres.

Etude en lames minces

Les mégacristaux et les phénocristaux :

Les olivines :

Elles peuvent atteindre 3,5 à 4 millimètres mais la plupart mesurent 1,6 à 2,2 millimètres dans leur plus grande dimension. Elles peuvent être partiellement fondues et de nombreux golfes de "corrosion" s'y discernent. Ces olivines coexistent avec des olivines des nodules de péridotites qui s'en distinguent par leur forme xénomorphe et la présence de macles mécaniques. Dans l'ensemble les phénocristaux d'olivine sont peu altérés. On observe parfois une légère iddingsitisation à la périphérie des cristaux ou le long des fissures. Notons que l'altération est plus importante dans l'échantillon BZ 16 A. prélevé au sommet de la coulée.

Les augites

Elles sont moins abondantes que les olivines et leur taille (1 à 1,2 millimètres) est dans l'ensemble plus faible :

Certaines sont zonées.

D'autres montrent des macles polysynthétique,

D'autres enfin sont symplectiques.

Le coeur de toutes ces augites peut être partiellement ou totalement fondu et des olivines y cristallisent alors. Dans une augite (échantillon BZ. 15 A) on observe au coeur à la fois des cristaux d'olivine et de plagioclase.

Ces observations montrent que le coeur des clinopyroxènes qui peut être de nature variée (voir chapitre XV) n'est effective-

ment pas en équilibre avec le magma. Ce dernier serait contaminé par les xénocristaux et une certaine proportion de la chaux et de l'alumine des plagioclases en proviendrait. Comme nous avons par ailleurs mis en évidence la destruction des cordiérites (chapitre I) la contamination pourrait être double et se faire à la fois à partir d'éléments du manteau (diopside) et à partir d'éléments du socle (cordiérite).

Les microcristaux

Les augites se présentent en prismes allongés ; la pseudo-macle en sablier y est relativement fréquente.

Les olivines sont granulaires et très largement iddingsitisées.

Les plagioclases assez abondants et les titanomagnétites complètent cette paragénèse.

Un verre jaunâtre, où s'observent de nombreux cristallites, constitue le fond de la lame mince.

A.c.) Le basalte à mégacristaux et phénocristaux d'augite (Echantillon BZ. 20 A.)

Ce basalte est gris-clair en patine, noir en cassure. On y observe quelques cristaux millimétriques d'olivine et de nombreux cristaux d'augite dont la plus grande dimension va de un millimètre à un centimètre.

Etude en lame mince

On n'observe aucune particularité remarquable. On se limitera donc à préciser les deux ou trois points qui caractérisent les lames minces étudiées.

Les méga et les phénocristaux d'augite sont parfaitement automorphes et légèrement zonés. Ils ne présentent ni pseudomacle en sablier ni macles polysynthétiques.

Les olivines sont plus ou moins serpentinisées suivant qu'il s'agit de microcristaux ou de phénocristaux.

Un peu de verre tapisse le fond de la lame mince.

B) La coulée de la Loire (Echantillons BZ 2A à BZ 13A.)

Le basalte, extrêmement massif, est gris clair en patine, gris sombre en cassure.

Etude en lames minces

Les phénocristaux

L'olivine et l'augite constituent la totalité de la phase phénocristalline.

Les olivines prédominent largement. Elles atteignent fréquemment 1,2 à 2,5 millimètres sur 0,5 à 1 millimètre. Elles ne sont jamais altérées. La plupart sont automorphes ; toutefois quelques unes sont squelettiques, le contour de l'enveloppe étant néanmoins parfaitement "idiomorphe". Cette observation pourrait indiquer que les golfes observés ne sont pas des lacunes de cristallisation mais bien des golfes de corrosion.

Quelquefois, ces olivines automorphes présentent une extinction roulante qui rappelle les macles mécaniques des olivines attribuées aux enclaves de péridotites. Un cristal automorphe (échantillon BZ. 5 A), de 1,8 sur 0,48 millimètre, présente même des macles mécaniques relativement nettes. Cette observation conduit à formuler quelques réserves quant aux critères qui permettent habituellement de distinguer les xénocristaux (xénomorphes et à macles mécaniques fréquentes) des phénocristaux (automorphes et sans macles mécaniques).

Les augites

D'une façon générale elles sont peu abondantes et de taille plus modeste. Elles sont fréquemment zonées et peuvent, à l'occasion, présenter une macle polysynthétique.

Parfois (échantillon BZ. 11 A.) elles se développent sur un nucleus d'orthopyroxène. Elles sont alors zonées et peuvent présenter la pseudo-macle en sablier.

Les microcristaux ne présentent aucune particularité notable.

Un verre rose tapisse le fond des lames minces.

III - CHIMISME

Analyses nouvelles R. DURET

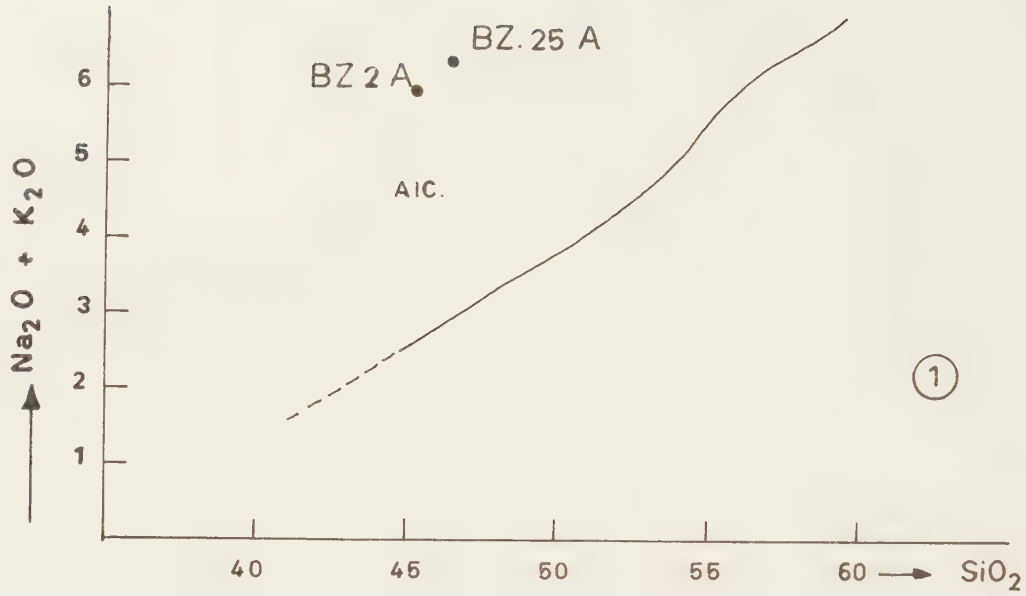
Poids des oxydes

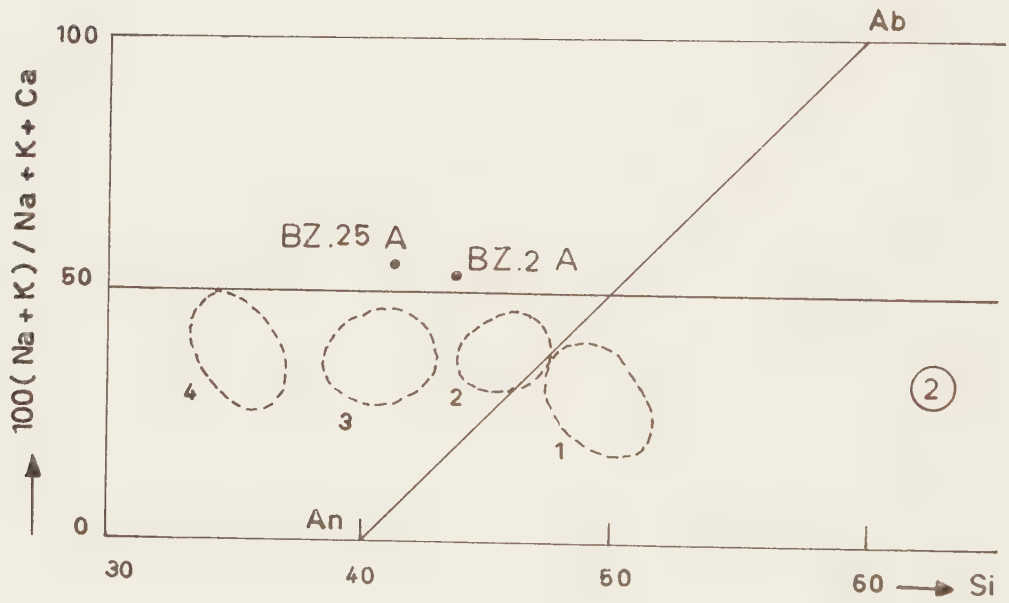
	Echantillon BZ 2 A.	Echantillon BZ 25 A.
SiO_2	46,48	45,02
Al_2O_3	11,87	12,65
Fe_2O_3	6,15	4,23
FeO	7,03	7,90
MnO	0,08	0,06
MgO	10,20	13,14
CaO	9,10	8,02
Na_2O	4,69	4,09
K_2O	1,72	1,91
P_2O_5	0,18	0,25
TiO_2	0,70	0,96
Cr_2O_3	0,74	0,64
H_2O^+	0,50	0,48
H_2O^-	0,22	0,40
TOTAL	99,66	99,74

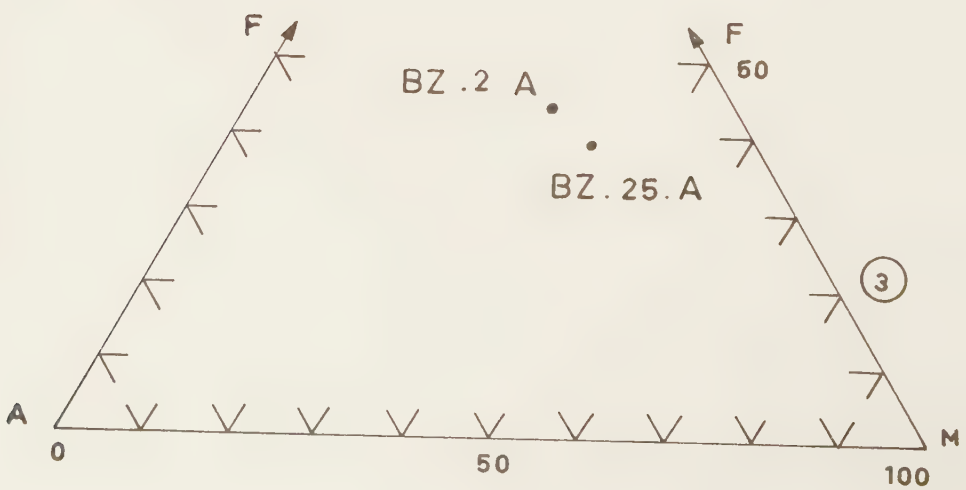
Pourcentages cationiques

	Echantillon BZ 2 A.	Echantillon BZ 25 A.
Si	42,81	41,00
Al	12,86	13,55
Fe^{3+}	4,25	2,89
Fe^{2+}	5,40	6,00
Mn	0,06	0,05
Mg	14,09	17,95
Ca	8,98	7,82
Na	8,36	7,21
K	2,02	2,22
P	0,14	0,19
Ti	0,48	0,66
Cr	0,54	0,46
TOTAL	99,99	100,00

	BZ 2 A.	BZ 25 A.
R =	53,65	54,68
S =	19,44	23,51
T =	41,03	33,45
Θ =	8,57	12,35


BZ.25 A
BZ 2 A
AIC.
$Na_2O + K_2O$
6
5
4
3
2
1
40
45
50
55
60
SiO_2
1


Ab
100
50
0
$100(Na+K)/Na+K+Ca$
BZ.25 A
BZ.2 A
4
3
2
1
An
30
40
50
60
Si
2


F
F
50
BZ .2 A
BZ . 25. A
3
A
0
50
100
M

LAVES DU VOLCAN DU BAUZON

(1) SOMME DES ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE.

alc. domaine des basaltes alcalins.

(2) DIAGRAMME R-Si

Les laves du Bauzon (BZ.2 A et BZ.25A) sont comparées aux laves d'Hawaii (citées in YAMASAKI et BROUSSE, 1963); les teneurs en alcalins les situent respectivement dans les domaines des basaltes à olivines et des basanites à néphéline mais les teneurs en alcalins sont plus élevées

(3) DIAGRAMME A.F.M.

Paramètres de Niggli :

	SI	AL	FM	C	ALK	Ti	P	K	MG
BZ.2 A.	95,70	14,97	53,34	20,07	11,60	1,08	0,15	19,47	59,05
BZ.25 A.	88,22	15,07	57,93	16,83	10,14	1,41	0,20	23,54	66,26

Norme C.I.P.W. :

	QZ	OR	AB	AN	NE	DI	OL	CR	MA	ILM
BZ.2 A.	0,00	10,17	14,86	6,23	13,42	30,10	12,40	1,09	8,91	1,32
BZ.25A.	0,00	11,29	9,49	10,48	13,58	22,19	22,35	0,94	6,13	1,82

Paramètres de LACROIX :

		P	Q	R	S	H	K	L	M
BZ.2 A.	Valeur	0,4568	0,3003	0,8072	0,1947	0,8057	0,7082	0,7163	0,7208
	Classe	III	6	2	4	2	2	2	2
BZ.25A.	Valeur	0,4582	0,3027	0,6957	0,2354	0,8464	0,4981	0,8062	0,7481
	Classe	III	6	2	4	2	3	2	2

IV - LES ENCLAVES

L'étude des enclaves a été regroupée dans un seul paragraphe. Leur localisation en sera précisée au cours de la description.

1°) Enclaves homoeogènes et nodules de péridotite

a) Enclaves homoeogènes

Ce sont uniquement des agglomérats. On les rencontre essentiellement dans le basalte de la coulée de la Loire. Notons que la proportion d'olivines y est nettement plus faible que dans les agglomérats du volcan du Jaujac dont je donne une description détaillée au chapitre VII.

b) Nodules de péridotite

Description

Leur étude permet de préciser la chronologie relative des 4 appareils. En effet, leur taille décroît depuis le volcan de Narçon jusqu'au Suc de Bauzon. Statistiquement elles ont de quelques millimètres à plusieurs centimètres au volcan de Narçon, un millimètre à deux centimètres à la Vestide du Barbonnet, exceptionnellement plus de quelques millimètres dans les produits du Suc de Bauzon. A la Vestide du Barbonnet on observe le passage progressif d'enclaves centimétriques à des enclaves totalement éclatées, réduites parfois à un unique cristal.

Etude en lames minces

La composition modale déterminée sur les plus grosses enclaves est celle d'une saxonite à picotite.

Les nodules de péridotite prélevés au volcan de Narçon offrent peu de particularités susceptibles d'être signalées.

Parfois ils contiennent des petites amphiboles (échantillon BZ. 21 A.) provenant de la Vestide du Barbonnet). Ces amphiboles (paragasites ?) sont généralement associées à des picotites dans des zones de l'enclave qui paraissent partiellement fondues. Les conditions de genèse de ces amphiboles sont discutées au chapitre XII.

Dans les nodules prélevés dans la coulée de la Loire on observe parfois une interpénétration des cristaux de diopside et d'olivine. Les diopsides sont fréquemment maclés et on les retrouve souvent au coeur d'augites du basalte.

2°) Enclaves enallogènes

Ces enclaves sont généralement granitiques. Elles sont les plus abondantes et les plus grandes (quelques centimètres à un décimètre) au volcan de Narçon et, à un degré moindre, à la Vestide du Barbonnet. Au Suc de Bauzon elles sont le plus souvent éclatées et réduites à des cristaux isolés.

Etude en lames minces (Echantillon BZ. 27 A.)

Les plagioclases sont zonés et maclés albite. Ils ont parfois subi un début de porcelanisation.

Les feldspaths sont parfois plus altérés à la périphérie qu'au centre (ceci traduit peut-être une différence de basicité entre les bords et le coeur).

Les micas sont totalement pseudomorphosés en minéraux opaques.

Les quartz isolés (coulée de la Loire, échantillon BZ.5 A.) présentent généralement une auréole de réaction. Leur destruction complète conduit à la formation de pseudo-agglomérats d'augites.

IV - CONCLUSIONS

Cette étude conduit à dégager une conclusion d'ordre géologique et une conclusion d'ordre pétrographique.

1°) Sur le plan géologique, une certaine complexité de structure est mise en évidence. Quatre appareils pratiquement contigus se succèdent du Sud vers le Nord. Seul le Suc de Bauzon avait été sommairement décrit antérieurement.

Ces quatre appareils semblent bien s'être formés dans l'ordre présenté dans cette étude, comme en témoignent les observations de terrain. On observe en effet que les projections du cône de Reboul recouvrent partiellement les projections de la Vestide du Barbonnet et que celles-ci sont elles-mêmes recouvertes par les projections du Suc de Bauzon. Néanmoins ceci n'est pas une preuve absolue car le Suc de Bauzon, par exemple, pourrait être antérieur au cône de Reboul et avoir continué à fonctionner alors que celui-ci était déjà éteint.

L'étude des enclaves péridotiques apporte une confirmation à l'hypothèse proposée. En effet elles sont de grande taille au Volcan de Narçon, plus petites à la Vestide du Barbonnet et quasi systématiquement millimétriques au Suc de Bauzon.

Enfin, l'alignement parfait de ces quatre appareils nous conduit à supposer l'existence d'un accident orienté Nord 25°. Cet accident pourrait se prolonger plus au Nord car le cours de la Loire à l'amont de Rieutord est rigoureusement dans le prolongement de l'alignement observé.

2°) Sur le plan pétrogénétique les caractères minérabgiques et chimiques des laves sont typiquement ceux d'un basalte alcalin. La présence de néphéline virtuelle dans la norme C.I.P.W. et l'absence de feldspathoïdes exprimés font de ces laves des basanitoïdes.

CHAPITRE III

-:-

LE VOLCAN DU RAY PIC (ou Coupe de la Fialouse)

-:-

INTRODUCTION

1°) Situation

Ce volcan est situé à 6200 mètres, à vol d'oiseau, au Nord-Nord-Est de Burzet, immédiatement au Nord de la Cascade du Ray Pic. Une longue coulée basaltique s'est épanchée depuis ce volcan.

Ce volcan a successivement été appelé Cros de Pélissier (J.B. DALMAS 1872, p.74), Volcan du Ray Pic (BOZON 1963, p.617) et enfin Coupe de la Fialouse (R. BROUSSE et E. BERGER 1967, p.4) sans qu'aucun de ces noms ne soit consacré par la littérature.

2°) Etudes antérieures

FAUJAS de SAINT FOND (1778, p.313 et suivantes) a décrit avec lyrisme la coulée basaltique, plus particulièrement à son extrémité distale, près de Pont-de-Labeaume. J.B. DALMAS (1872, p.74-75) insiste plus particulièrement sur la longueur de la coulée à laquelle il attribue généreusement 30 kilomètres. E.REYNIER (1947, p.20) a, le premier, envisagé l'existence de deux coulées superposées dans la vallée de la Bourges. P. BOZON (1963, p.617) voit dans la Coupe de la Fialouse un volcan typiquement hawaïen.

III.2

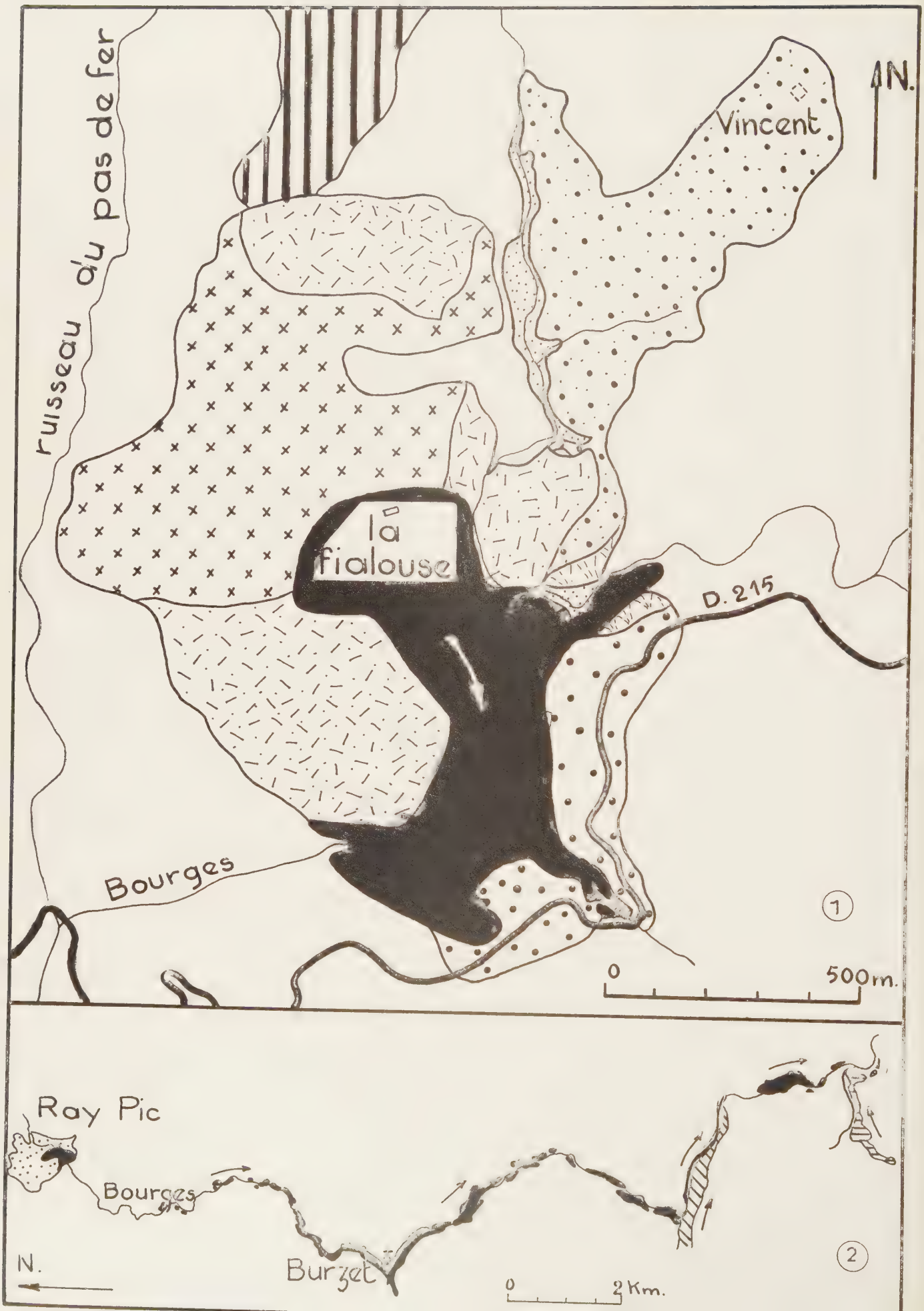
I. DESCRIPTION DE L'APPAREIL VOLCANIQUE ET DES FORMATIONS ASSOCIEES

1°) La coupe

La coupe culmine à 1293 mètres. Elle est néanmoins relativement surbaissée et domine de moins de cent cinquante mètres le rebord méridional du plateau ardéchois sur lequel il est installé. La forme générale est celle d'un hémicycle de 1200 mètres sur 1500 mètres à pentes extérieures relativement faibles (20°). La pente intérieure est plus accentuée (30°) et la profondeur du cratère dépasse 150 mètres.

La coupe est constituée pour l'essentiel de gros blocs de lave scoriacée mêlés d'enclaves de socle anguleuses et de nombreux nodules de péridotites arrondis et de grande taille, atteignant fréquemment plusieurs décimètres.

L'examen détaillé de la coupe montre que la phase éruptive à l'origine de ces scories, a été précédée d'une première phase explosive ayant donné naissance à un tuf tout à fait comparable à celui de la Vestide du Pal. Ce tuf est bien visible en rive gauche du ravin situé à l'Ouest de la Balme des Sauvages (voir coupe). Il repose directement sur le socle et on y observe les mêmes rythmes qu'au Suc de Pal et un pendage comparable, voisin de 20 degrés. Les scories et pouzzolanes reposent en discordance sur ce tuf, et une petite coulée boueuse s'intercale parfois entre ces deux formations.


ruisseau du pas de fer
Vincent
N.
la fialouse
D. 215
Bourges
1
0
500m.
Ray Pic
Bourges
Burzet
N.
2
0
2 Km.

LE VOLCAN ET LA COULÉE DU RAY PIC

FIGURE 1.- LE VOLCAN DU RAY PIC

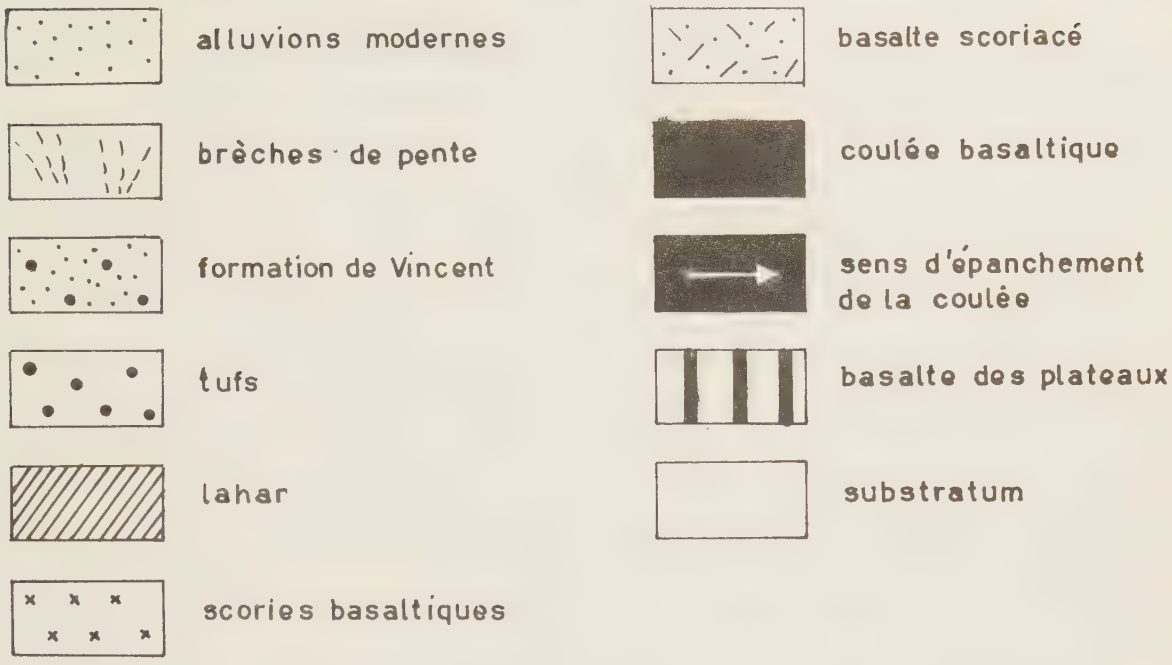
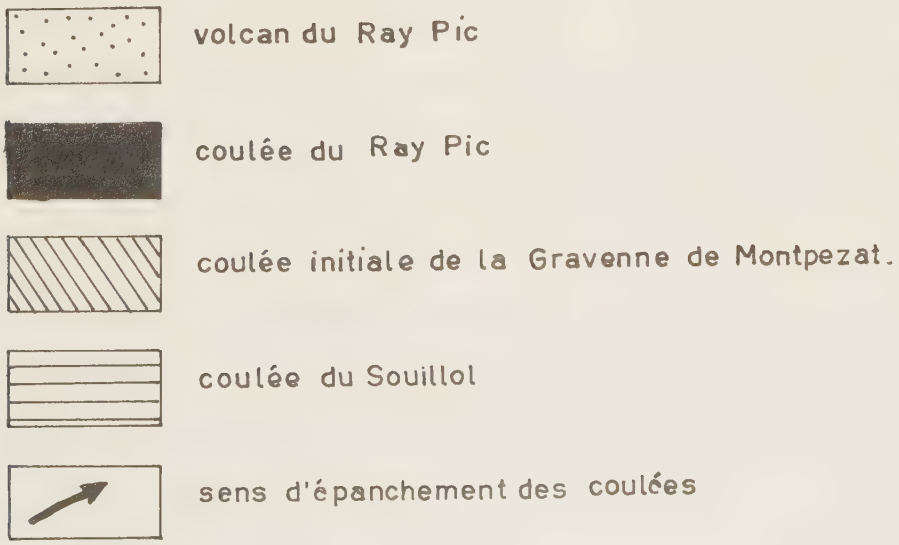


FIGURE 2. CARTE SCHÉMATIQUE DU VOLCAN ET DE LA COULÉE DU RAY PIC ; RELATIONS AVEC LA COULÉE INITIALE DE LA GRAVENNE DE MONTPEZAT ET LA COULÉE DU SOUILLOL



2°) La coulée et le problème de l'unicité de l'épanchement

a - Description de la coulée

Depuis le cratère de la Fialouse jusqu'à Pont-de-Labeaume, extrémité actuelle de la coulée, la longueur est voisine de 21 kilomètres. Il s'agit donc de l'une des plus longues coulées basaltiques de vallées connues en France. En fait, il n'est pas certain que la coulée se soit mise en place tout au long de la vallée de la Bourges. Il est possible, sinon vraisemblable, qu'elle n'ait pas laissé de lave sur place dans la partie tout à fait amont de son parcours, le long des 2500 mètres qui séparent la cascade du Ray Pic du hameau de Pereyre. Dans cette zone la pente est en effet très forte et l'extrême fluidité de la lave peut ne pas avoir permis la fixation d'une forte épaisseur uniforme. A partir de Pereyre par contre il semble que la coulée ait été continue car on en retrouve de nombreux lambeaux accrochés aux flancs de l'actuelle vallée.

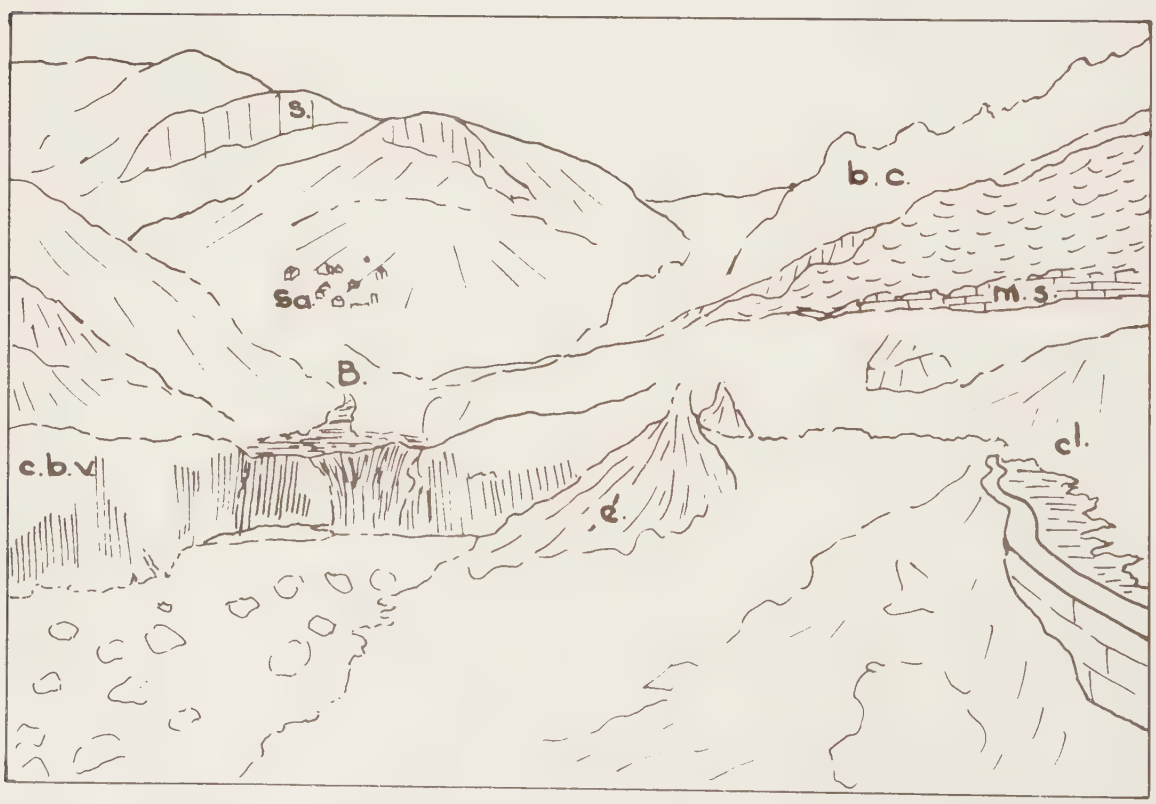
Partout où elle est conservée, la coulée montre une très belle prismation ; la taille des prismes étant par ailleurs plus importante à l'aval qu'à l'amont.

b - Une ou plusieurs coulées ?

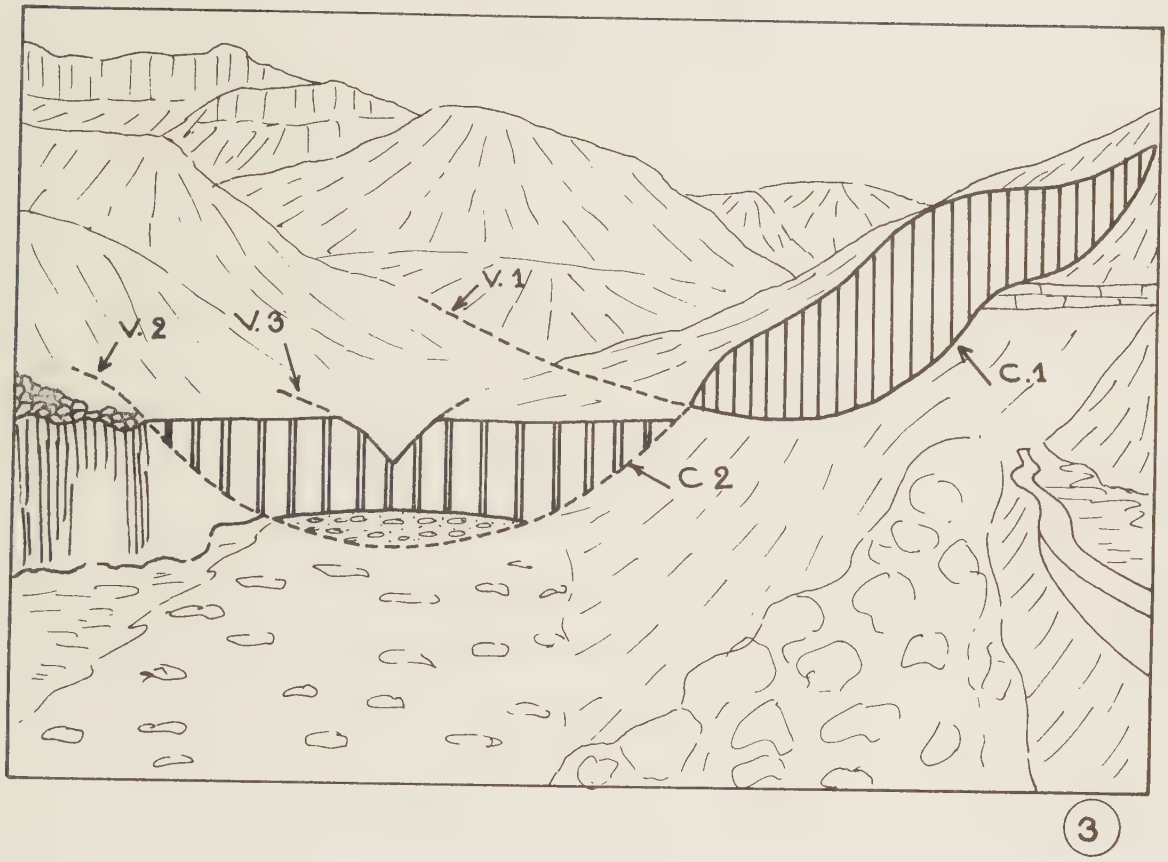
Suivant les auteurs il y a une (BOZON P. 1963, p.622-623) ou deux coulées (REYNIER E. 1947, p.20). De fait, les observations sont contradictoires.

J'ai d'abord considéré à la suite d'une étude préliminaire (1967, p.4) qu'il y avait deux coulées. Les observations faites à

1



2



3

LA COULÉE DU RAY PIC A PONT D'AVENAS (NORD DE BURZET)

1 Photographie prise depuis l'aval.

2 Interprétation dans l'hypothèse d'une coulée unique :

c.b.v. : vraie colonnade à prismes verticaux ;
b.c. : fausse colonnade à débit conchoïdal ;
B : La Bourges ;
Sa : hameau de Sarralier ;
s : socle ;
ms : mur de soutènement ;
cl : canal d'irrigation ;
e : éboulis.

3 Interprétation de R. BROUSSE & E. BERGER (1967)

V 1 : première vallée ;
V 2 : deuxième vallée ;
V 3 : troisième vallée ; (actuelle)
C 1 : première coulée ;
C 2 : deuxième coulée.

l'aval de Chastagnas peuvent effectivement s'interpréter de cette façon (voir coupe). Dans cette hypothèse, il existerait une première coulée, à débit conchoïdal et actuellement en position élevée, antérieure au cycle d'érosion qui est à l'origine du profil actuel de la vallée. Une seconde coulée, à prismation verticale très belle se serait ensuite mise en place au fond du thalweg actuel (R. BROUSSE et E. BERGER, 1967, p.4).

Les observations que j'ai effectuées depuis montrent que les basaltes à débit conchoïdal correspondent en fait à la fausse colonnade d'une coulée unique. Ceci est parfaitement net immédiatement à l'amont de Pont-de-Labeaume, en rive gauche de la Bourges. De ce fait, la coupe observée à Pont d'Avenas doit être interprétée différemment : le hiatus observé traduit l'érosion de la coulée au point d'intersection de deux cycles d'érosion emboîtés.

3°) Les dépôts fluvio-lacustres de Vincent

Ces dépôts sont situés à l'Est du ruisseau des Fonts, depuis la ruine de Vincent au Nord, jusqu'à la Coupe de la Fialouse au Sud. En plan, l'affleurement est à peu près triangulaire et atteint 800 mètres du Nord au Sud et 500 mètres dans sa partie la plus large, d'Ouest en Est. La puissance des dépôts est parfois réduite à moins d'un mètre, mais atteint localement 15 à 20 mètres.

Il s'agit de sables meubles contenant des minéraux du socle et des minéraux du volcanisme. On y observe de nombreuses fi-

gures sédimentaires (chenaux, stratifications entrecroisées ...). L'étude pétrographique permettra d'en discuter l'origine. Des cordons de galets suggèrent, a priori, une origine sédimentaire.

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES BASALTES

Seule la forme de la cassure diffère entre les basaltes supérieurs à débit conchoïdal et les basaltes inférieurs à prismation verticale. La pâtine est gris-clair à roussâtre, la cassure gris-clair à gris-roux. Les enclaves de péridotites, également abondantes dans les deux basaltes, donnent à la roche un faciès bien typé.

1/ Etude en lames minces

a. Etude qualitative

Aucune différence entre les deux basaltes n'est à relever. L'échantillon décrit (BU.28) appartient à la vraie colonnade.

Les phénocristaux

. Les olivines en constituent la majeure partie. Elles sont limpides, parfaitement idiomorphes, et atteignent fréquemment 0,70 millimètre sur 0,15 à 0,25 millimètre.

. Les augites sont plus rares et souvent de taille plus modeste (0,40 millimètre sur 0,15 à 0,30 millimètre). Elles sont zonées et présentent souvent des macles polysynthétiques. On peut parfois vérifier qu'il s'agit alors d'augites à croissance coaxiale sur un nucleus d'orthopyroxène qu'entoure parfois une première gaine

d'olivines granulaires .. D'autres augites présentent un faciès plus banal et offrent l'habituelle structure de croissance en sablier.

Les microcristaux

Les olivines sont trapues et fréquemment idiomorphes. Elles ne présentent généralement aucune trace d'altération encore que certaines aient une bordure légèrement iddingsitisée.

Les augites, en petits prismes trapus, constituent la majeure partie de la fraction microcristalline. Quelquefois elles présentent la structure en sablier.

La titanomagnétite, relativement peu abondante, est régulièrement répartie.

Les plagioclases (An 50) sont généralement microlitiques, plus rarement en prismes trapus.

b. Analyses modales

Les deux échantillons BU. 14 et BU. 68 appartiennent à la fausse colonnade, l'échantillon BU. 28 à la vraie colonnade. Les échantillons BU. 14 et BU. 28 sont prélevés à Pont d'Avenas, l'échantillon BU. 68 près de Pont-de-Labeaume.

III.12

Echantillon	BU.14	BU.28	BU.68
Points comptés	1067	1092	1062
Xéno. olivine	32	44	42
Xéno. quartz	22	14	16
Xéno. feldspath	8	32	4
Divers	5	2	-

Compositions modales

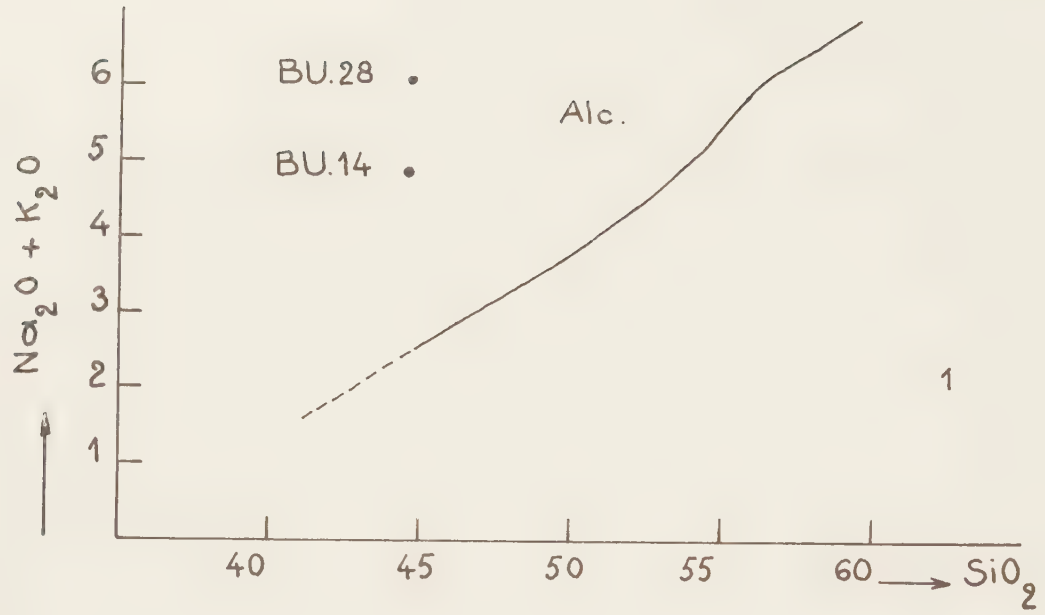
Phénocristaux d'olivine	4,3		5,1		3,6	
		11,2		14,2		10,0
Microcristaux d'olivine	6,9		9,1		6,4	
Phénocristaux d'augite	1,8		2,9		1,6	
		51,6		49,4		50,8
Microcristaux d'augite	49,8		46,5		49,2	
Titanomagnétite	15,2		14,6		16,0	
Plagioclase	22,0		21,8		23,2	
TOTAL	100,0		100,0		100,0	
COL	78,0		78,2		76,8	
PER	17,8		11,5		16,4	

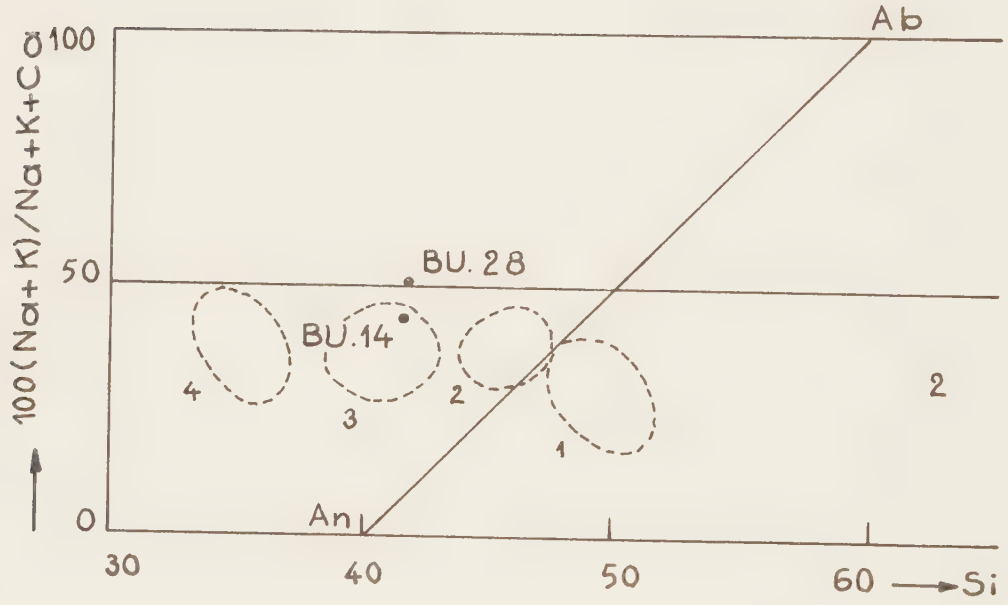
2°/ Chimisme : (1) - Echantillon BU. 14 (2) - Echantillon BU. 28. Analyses nouvelles R. DURET
(a) - Chrome non compris. (b) - Chrome inclus

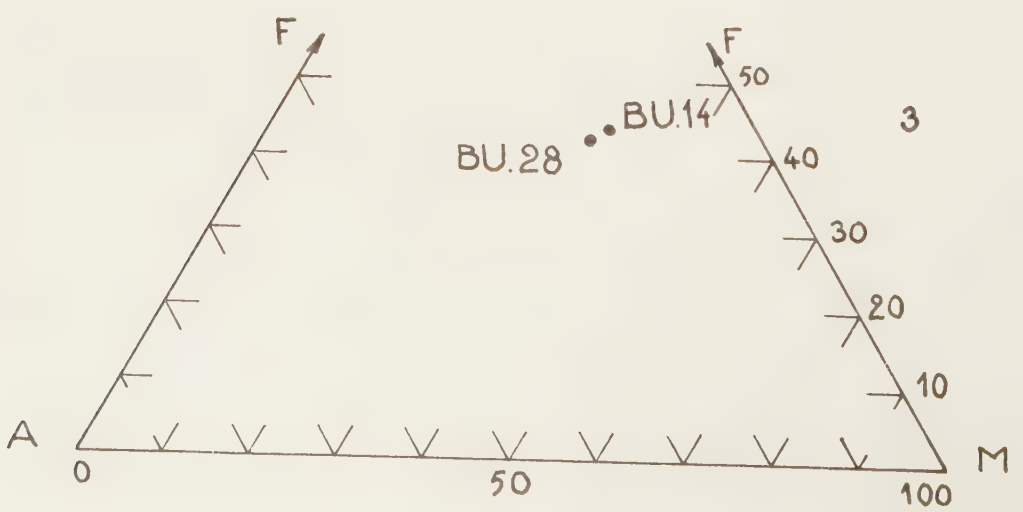
	Poids des oxydes	
	(1)	(2)
SiO_2	44,30	44,35
Al_2O_3	13,20	11,48
Fe_2O_3	8,47	6,02
FeO	4,04	6,89
MnO	0,07	0,07
MgO	11,55	11,59
CaO	9,95	9,39
Na_2O	3,66	4,16
K_2O	1,19	1,94
P_2O_5	0,18	0,27
TiO_2	0,83	0,83
Cr_2O_3	1,02	1,22
H_2O^+	0,80	0,96
H_2O^-	0,78	0,46
TOTAL	100,04	99,63

	Pourcentages cationiques			
	(1a)	(1b)	(2a)	(2b)
Si	41,44	41,12	41,47	41,08
Al	14,55	14,41	12,65	12,51
Fe^{3+}	5,96	5,89	4,23	4,18
Fe^{2+}	3,16	3,12	5,39	5,32
Mn	0,06	0,05	0,06	0,05
Mg	16,09	16,07	16,14	16,10
Ca	9,97	9,89	9,40	9,32
Na	6,63	6,57	7,54	7,46
K	1,42	1,41	2,31	2,29
P	0,14	0,14	0,21	0,21
Ti	0,58	0,58	0,58	0,58
Cr	-	0,75	-	0,89
TOTAL	100,00	100,00	99,98	99,99
R =	44,69	51,16		
S =	17,63	23,48		
T =	36,31	37,48		
Θ =	27,03	19,38		

		Norme C.I.P.W.			
		(1a)	(1b)	(2a)	(2b)
QZ		0,00	0,00	0,00	0,00
OR		7,22	7,11	11,82	11,61
AB		15,03	14,80	7,89	7,75
AN		16,50	16,25	7,14	7,01
NE		9,07	8,93	15,38	15,11
DI	Ca	13,75	13,54	16,31	16,02
	Mg	11,89	11,71	12,05	11,84
	Fe	0,00	0,00	2,69	2,64
OL	Mg	12,35	12,17	12,40	12,19
	Fe	0,00	0,00	3,05	3,00
MA		11,13	10,96	9,00	8,84
HE		1,02	1,00	0,00	0,00
ILM		1,62	1,60	1,63	1,60
AP		0,44	0,43	0,66	0,65
CR		-	1,50	-	1,75
TOTAL		100,02	100,00	100,02	100,00


BU.28
BU.14
Alc.
1
$Na_2O + K_2O$
6
5
4
3
2
1
40
45
50
55
60
SiO_2


Ab
An
BU.28
BU.14
1
2
3
4
2
100(Na+K)/Na+K+Ca
100
50
0
30
40
50
60
Si


F
F
BU.28
BU.14
3
50
40
30
20
10
A
M
0
50
100

LAVES DU VOLCAN DU RAY PIC

(1) SOMME DES ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE

Alc. : domaine des basaltes alcalins.

(2) DIAGRAMME R.Si

Les laves du volcan du Ray Pic se situent dans le domaine des basanites à néphéline d'Hawaii. 1 à 4 correspondent respectivement aux basaltes tholéiitiques, aux basaltes à olivine, aux basanites à néphéline et aux basanites à néphéline et mililite (in YAMASAKI et BROUSSE, 1963)

(3) DIAGRAMME A.F.M.

III. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES TUFS

1°) Description macroscopique

Ils sont rythmés, comme ceux du Suc de Pal, de couleur gris clair à gris brun. Les séquences élémentaires les plus épaisses atteignent environ un décimètre. Les grains constitutifs sont millimétriques. On distingue à l'oeil nu :

- des fragments basaltiques bruns à noirs
- des minéraux isolés du socle (quartz, feldspaths, biotites, etc...).

2°) Etude en lames minces

a. Etude qualitative

On observe :

- des minéraux du socle ;
- de rares xénocristaux provenant de la dislocation ; de péridotites ;
- des fragments de basalte ;
- des phénocristaux (olivines, pyroxènes) ;
- du verre enfin.

. Les minéraux du socle

Ils sont toujours isolés et souvent brisés. On remarque, pour l'essentiel, de l'orthose sériciticisée, des plagioclases, du quartz, de la cordierite pinnitisée et de nombreuses biotites altérées. A ces minéraux s'ajoutent quelques rares apatites et zircons.

III.16

. Les minéraux des péridotites

Ce sont essentiellement des olivines à macles mécaniques auxquelles s'ajoutent çà et là des spinelles-picotites et des bronzites.

. Les fragments basaltiques

Ils sont généralement anguleux et leur taille n'excède qu'exceptionnellement un centimètre. On peut schématiquement en distinguer deux variétés :

- les uns ont une teinte brun sombre, et contiennent souvent de petites olivines automorphes généralement iddingsitisées et d'abondants plagioclases ;

- les autres sont de coloration jaune clair à jaune orangé. Ils ont une texture à tendance fluidale et un fond vitreux. Ces basaltes contiennent des xénocristaux provenant des péridotites et du socle.

. Les phénocristaux

Il s'agit presque exclusivement d'olivines brisées dont les faces sont parfois conservées.

. Le verre

Il est relativement peu abondant et se présente sous la forme de minces liserés jaune orangé gaînant les débris basaltiques.

III.17

b. Analyses modales

Des comptages portant sur 2000 points ont été faits en raison de la diversité des minéraux présents. J'ai arbitrairement distingué des basaltes sombres et des basaltes jaunes bien que la coupure ne soit pas toujours bien nette. Les phénocristaux d'olivine isolés dans la mésostase, sont également distingués.

Echantillon	P.70 A.	P.70 B.	P.70 C.	P.70 D.	Moyenne
Quartz	10,2	12,3	14,1	11,7	12,1
Feldspath	27,4	23,2	25,3	22,6	24,6
Biotite	3,0	6,3	5,7	5,9	5,2
Cordierite	3,8	3,2	3,4	3,8	3,6
Zircon	0,1	0	0,2	0	0,1
Apatite	0,1	0	0,1	0,2	0,1
Divers	1,4	2,1	0,4	0,6	1,1
Somme des minéraux du socle	46,0	47,1	49,2	44,8	46,8
Basalte noir	22,4	19,1	24,1	27,0	23,1
Basalte jaune	23,4	22,5	20,6	22,3	22,2
Somme des basaltes	45,8	41,6	44,7	49,3	45,9
Phénocristaux d'olivine	1,3	1,3	1,1	0,5	1,1
Verre	6,2	9,3	4,1	4,9	6,1
Somme des éléments volcaniques	53,3	52,2	49,9	54,7	52,6
Bronzite	0,2	0	0,1	0	0,1
Diopside	0,2	0	0,2	0	0,1
Spinelle	0,0	0,1	0	0,3	0,1
Xéno. olivine	0,3	0,6	0,6	0,2	0,4
TOTAL GENERAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

IV. ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA FORMATION DE VINCENT

1°) Description macroscopique

La roche, de gris jaune à gris brun, contient :

- des éléments du socle (galets et minéraux isolés) ;
- des débris basaltiques ;
- des pyroclastes (olivines millimétriques et pyroxènes plurimillimétriques à centimétriques).

2°) Etude en lames minces

a. Etude qualitative

Si les éléments constitutifs sont les mêmes que ceux des tufs, leurs proportions relatives et leur disposition sont différentes. Les minéraux du socle prédominent très largement. L'absence de verre et l'orientation systématique des micas confirment l'origine sédimentaire de la formation.

b. Etude quantitative

Elle met en évidence la faible teneur relative en éléments volcaniques. La moyenne de cinq comptages donne :

- éléments volcaniques (basalte et minéraux isolés) 34,4 % ;
- minéraux du socle 65,6 %.

3°) Les augites en enclaves

Elles ont des caractères optiques d'augites titanifères. A la différence des pyroxènes observés ailleurs (Vestide du Pal, Gravenne de Montpezat), elles ne présentent pas de marques d'instabilité.

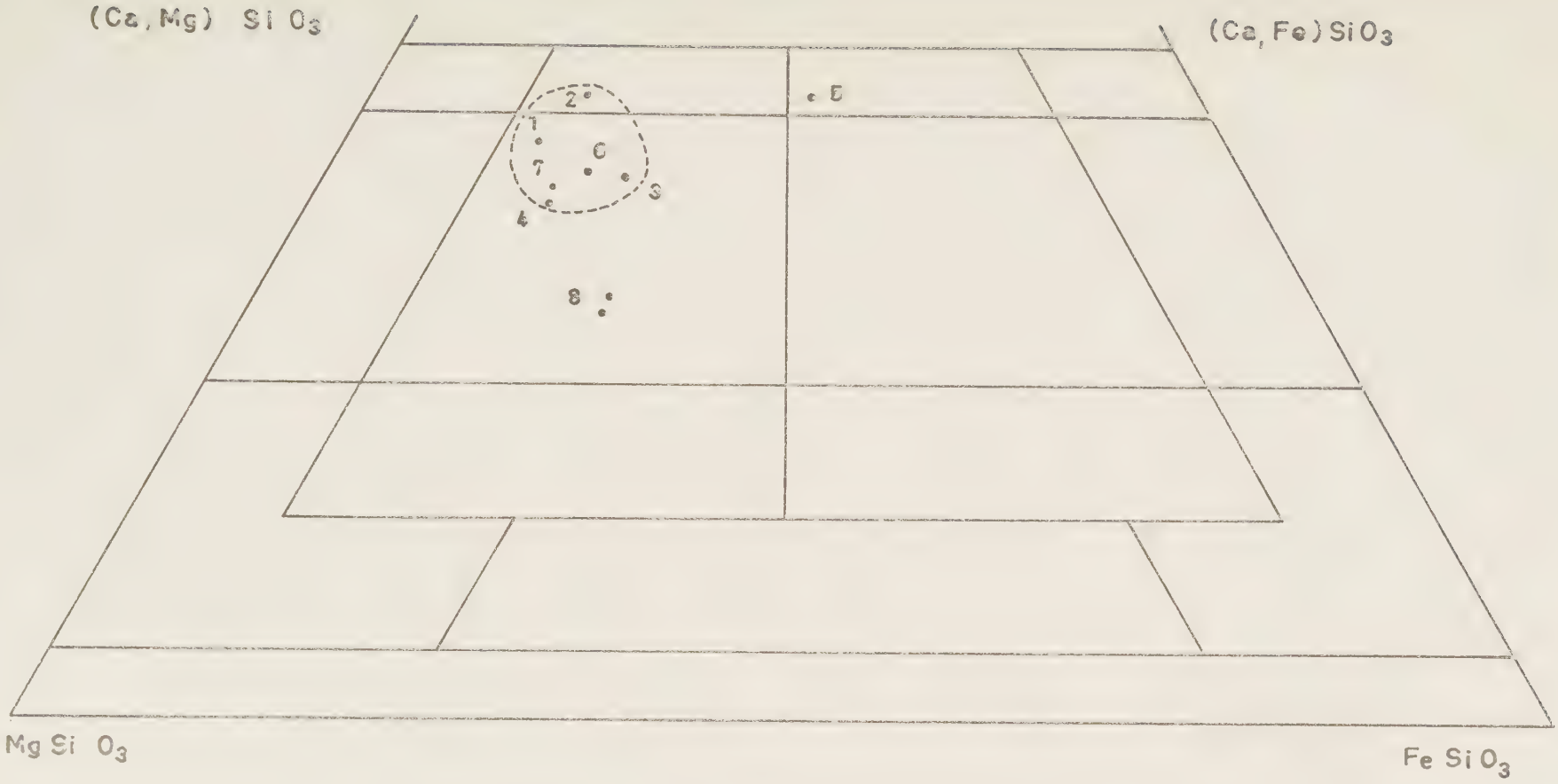
III.19

L'analyse chimique montre que ces pyroxènes n'appartiennent pas à la lignée volcanique alcaline à laquelle se rattachent les basaltes décrits dans ce mémoire. Ils proviennent donc probablement d'appareils volcaniques situés au Nord de la région étudiée.

Analyses chimiques des augites de la formation de Vincent

	Poids des Oxydes		Formules structurales (3)					Normes C.I.P.W.				
	(1)	(2)		(1)		(2)						
SiO_2	40,80	38,62	Si	1,550	2,000	1,486	2,000	OR		9,84		
Al_2O_3	15,02	13,23	Al	0,450		0,514		AB		1,38		
Fe_2O_3	4,02	6,80	Al	0,221		0,085		AN		26,18	19,50	
FeO	6,84	5,88	Ti	0,124		0,122		NE		10,25	12,57	
MnO	0,118	0,02	Fe^{3+}	0,114		0,196		LE		-	7,84	
MgO	11,94	12,54	Cr	-		0,100			Ca	11,74		13,97
CaO	10,77	12,33	Mg	0,680		0,724		DIO	Mg	22,06	9,59	26,04 12,07
Na_2O	2,35	2,69	Fe^{2+}	0,216		0,188			Fe	0,73		
					2,048		2,206					
K_2O	1,63	1,66	Mn	0,003		0,000		AK		-	2,76	
P_2O_5	0,045	0,07	Ca	0,438		0,508			Mg	14,56		13,84
TiO_2	4,36	4,25	Na	0,172		0,200		OL		15,78	13,84	
Cr_2O_3	p.d.	0,33	K	0,079		0,081			Fe	1,22		-
H_2O^+	0,17	0,88	(P)	0,001		0,002		MA		5,95	6,83	
H_2O^-	0,14	0,50	Mg	46,87		45,57		HE		-	2,22	
TOTAL	98,173	99,47	Fe	22,95	100	22,78	100	ILM		8,46	8,23	
			Ca	30,18		31,65		AP		0,10	0,17	
			Al_3%	11,2		14,75						

(1) Echantillon R.P.A.; analyse Soras (1972) (2) Echantillon R.P.B.; Analyse R.DURET-(3) calculées sur la base de six oxygènes.



LES AUGITES DE LA FORMATION DE VINCENT

Comparaison avec les pyroxènes en enclaves homoeogènes dans les basaltes alcalins

1 à 7 : pyroxènes en enclaves homoéogènes (voir chap. XIII)

8 : augites de la formation de Vincent

CONCLUSION

1° Dynamisme

Le dynamisme du volcan du Ray Pic varie au cours du temps. A une phase vulcanienne initiale, évoquant celle de la Vestide du Pal, succède une phase strombolienne qui entraîne l'édification de la coupe. Ultérieurement le volcan est égueulé et une coulée, longue de 21 kilomètres, envahit la vallée de la Bourges.

2° Les basaltes

Ce sont des basaltes alcalins présentant un faciès comparable à ceux de la Vestide du Pal. La présence de néphéline normative et l'absence de feldspathoïdes exprimés en font plus précisément des basanitoïdes au sens de LACROIX (1933).

3° Ages relatif et absolu

La coulée basaltique est antérieure à la coulée initiale de la Gravenne de Montpezat (voir Chap.IV). On peut donc considérer que l'ensemble de l'appareil est antérieur à la Gravenne de Montpezat. Enfin, la datation absolue par la méthode C_{14} de bois prélevés sous la coulée, en amont de Burzet, indique un âge voisin de 35 000 ans (BERGER et al., 1973).

1

2

3

1 – VOLCAN DU RAY PIC :

SCORIES BASALTIQUES REPOSANT SUR LES TUFS A ÉLÉMENTS DU SOCLE.

2 – VOLCAN DU CHAMBON :

LAHAR REPOSANT SUR LES SCORIES BASALTIQUES, A L'AMONT DU FAU

3 – LA VESTIDE DU PAL :

TUFS STRATIFIÉS DU SUC DU PAL,

CHAPITRE IV

-:-

LA GRAVENNE DE MONTPEZAT

-:-

INTRODUCTION

1°) Situation géographique

La gravenne de Montpezat (alt. 806 m), située sur la ligne de crête séparant les vallées du Merdaric au Sud et de la Fontolière au Nord, domine, au Sud, le hameau de Villebasse. Les coulées produites par ce volcan de type strombolien, se sont toutes épanchées vers la Fontolière.

2°) Etudes antérieures

GIRAUD-SOULAVIE (1780, p.309) insiste plus particulièrement sur l'importance relative des scories fines (pouzzolanes) qui constituent le cône.

BOZON (1963, p.619) a également décrit la Gravenne de Montpezat qu'il rattache au type vulcanien. Il pense qu'elle est "postérieure aux laves fluides qui se sont épanchées à sa base".

°

I. DESCRIPTION DE LA GRAVENNE ET DES FORMATIONS SEDIMENTAIRES ASSOCIEES

A. Les produits volcaniques

1 - Le cône volcanique (Gravenne s.str.)

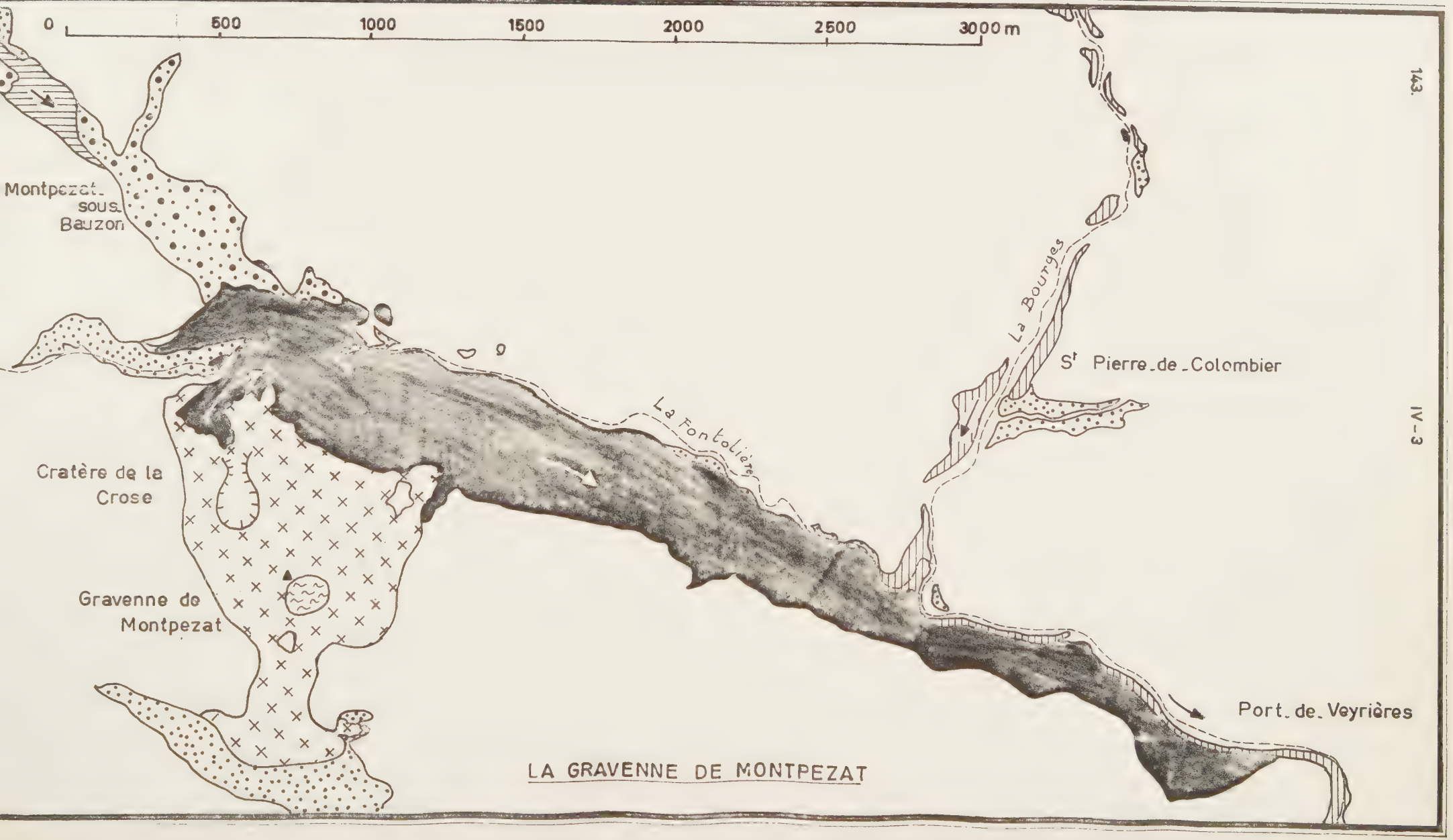
Il rappelle par la nature de ses constituants (scories et pouzzolanes), la gravenne de Thueyts. Toutefois le sommet, où se rencontrent laves cordées et efflorescences soufrées, évoque celui du Souillol. BOZON a remarqué cette similitude sans toutefois en proposer une interprétation. Je n'exclus pas, pour ma part, la même explication qu'au Souillol, à savoir une inversion de relief mettant actuellement en saillie les laves cordées et soudées de l'ancienne cheminée.

Comme le Suc de Bauzon, la coupe de Jaujac etc..., la Gravenne de Montpezat présente un cratère égueulé : le cratère de la Croze. Ce dernier, profond de 80 mètres et ouvert en direction du Nord Ouest, est d'ailleurs très nettement dessiné sur la carte topographique au 1/25 000e (feuille Burzet 7-8).

L'histoire de la Gravenne est tout à fait particulière dans le contexte local. Il semble qu'il y ait eu, ici, une phase initiale d'épanchement représentée par la coulée reposant sur celle du Ray Pic (voir coupe jointe).

Le cône s'est constitué ensuite. Les projections provenaient probablement de l'actuel sommet du volcan d'où débordaient de temps à autre de minces coulées basaltiques.

L'égueulement du volcan (cratère de la Croze) correspond sans doute à une période d'activité tardive. Plusieurs coulées



LA GRAVENNE DE MONTPEZAT

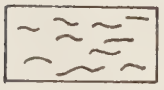
IV_4

ALLUVIONS

LAHARS

COULÉES DE SOLIFLUXION

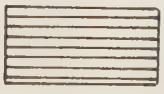
SCORIES ET POUZZOLANES DE LA GRAVENNE DE MONTPEZAT



LAVES CORDÉES

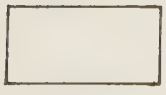
COULÉES BASALTIQUES DE LA GRAVENNE DE MONTPEZAT.

COULÉES BASALTIQUES DU RAY PIC



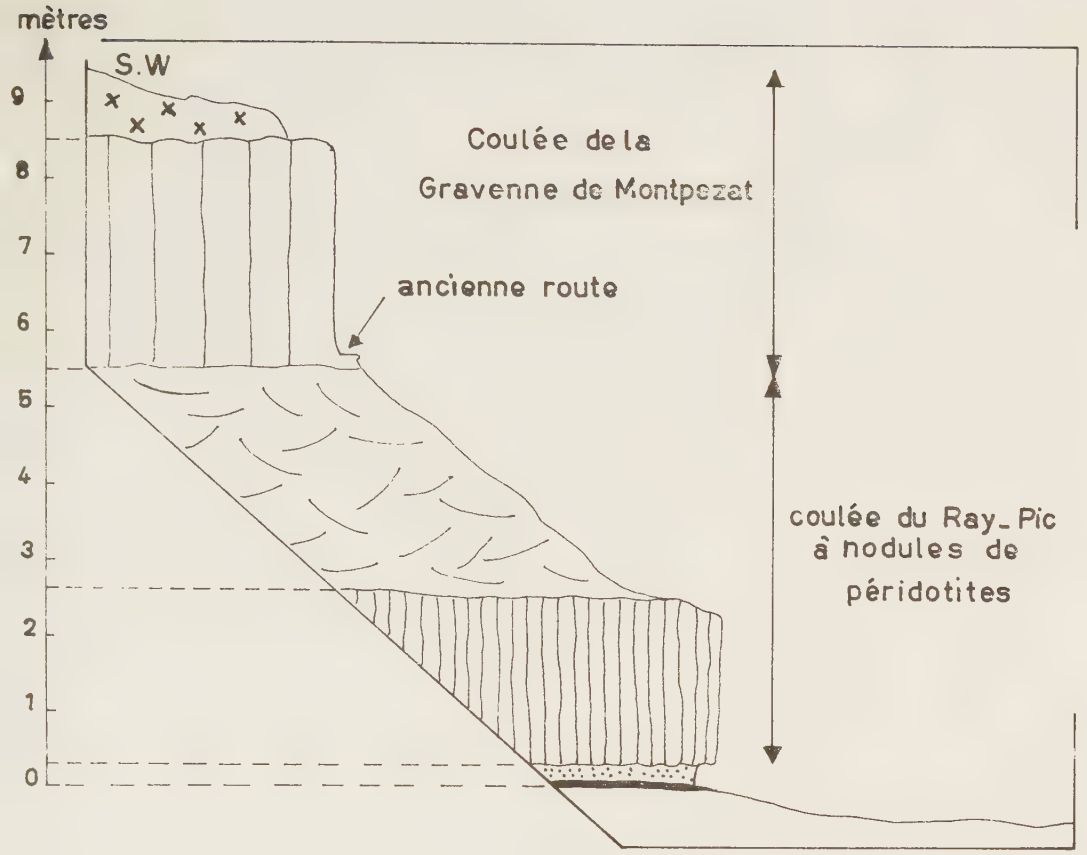
COULÉES BASALTIQUES DU CHAMBON

SENS D'ÉPANCHEMENT DES COULÉES



SUBSTRATUM

LA GRAVENNE DE MONTPEZAT



Basalte scoriacé

Prismes basaltiques
(coulée de la Gravenne)

Prismes basaltiques
(coulée du Ray_Pic)

Fausse colonnade à débit **conchoïdal**

Scories sous basaltiques (30 cm)

Sable roux (2 à 5 cm)

Socle

SUPERPOSITION DES COULÉES DU RAY-PIC ET DE LA GRAVENNE,

AU CONFLUENT DE LA BOURGES ET DE LA FONTOLIÈRE

se succédant rapidement se sont alors épanchées à l'amont des précédentes.

2 - Les coulées

L'ensemble des coulées épanchées depuis la Gravenne de Montpezat constitue une masse large (plus de 500 mètres près de Montpezat) et puissante (quarante cinq mètres sous le viaduc enjambant la Fontolière).

a. La coulée principale

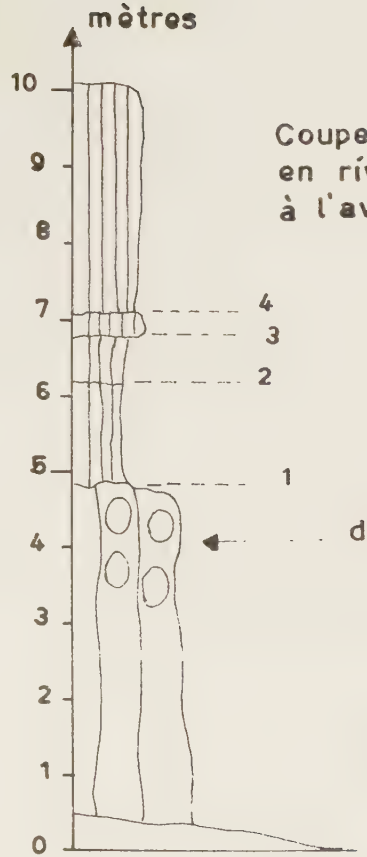
Elle a près de cinq kilomètres de long et s'arrête immédiatement à l'amont de Pont-de-Veyrières, au lieu-dit "Barrau". Cette coulée repose sur la coulée du Ray Pic à partir du confluent de la Bourges.

La colonnade est faite de très gros prismes. Le toit scoriacé et largement conservé donne à cette coulée un aspect particulièrement récent.

Localement, elle présente un débit en boules au sein de la zone de la fausse colonnade (le long de la D.26, à 150 mètres du carrefour avec la N.536).

b. les coulées de flanc

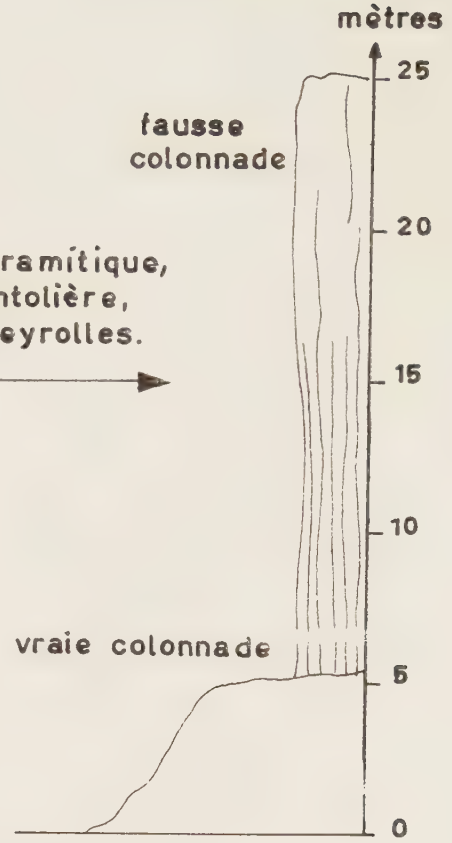
Elles sont bien visibles au S.W. des Soubeyrols, sur le flanc et à la base de la Gravenne. Ce sont de petites coulées de quelques décimètres à un mètre de puissance. Elles semblent relativement tardives par rapport à la plus grande partie des projections. Néanmoins d'abondants éboulis ne permettent pas de préciser leurs relations respectives.



Coupe des coulées ankaramitiques, en rive gauche de la Fontolière, à l'aval du Rocher Noir.

débit en boules

Coupe de la coulée ankaramitique, en rive gauche de la Fontolière, sous la ruine de Pourcheyrolles.



Coulées basaltiques

Socle

1, 2, 3, 4 : limites des coulées successives

c. Les petites coulées tardives

Elles sont au nombre de trois, peut être quatre près de Rocher Noir. Les vraies et fausses colonnades respectives sont parfaitement individualisées ; néanmoins on n'observe de discontinuité nette qu'en un seul point (en rive gauche de la Fontolière, immédiatement à l'amont du viaduc).

Plus en aval, sous le château de Pourcheyrolles, il n'y a plus qu'une seule coulée reposant directement sur le socle. La colonnade, très élancée, est surmontée d'une fausse colonnade à prismes localement très gros.

B. Les formations sédimentaires, leurs relations avec le volcanisme

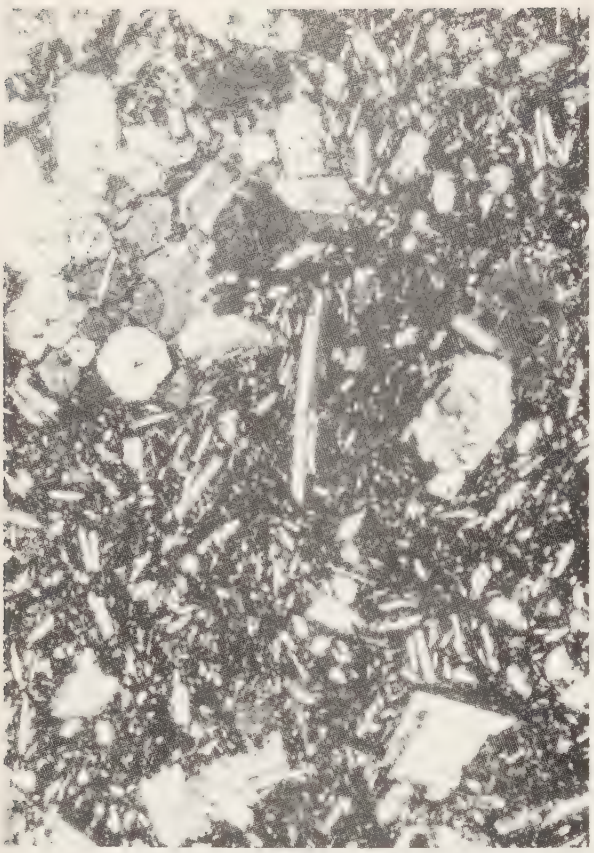
Deux formations retiennent l'attention :

- la formation lacustre de Rocher Noir
- la formation péri-glaciaire dite de "La prairie"

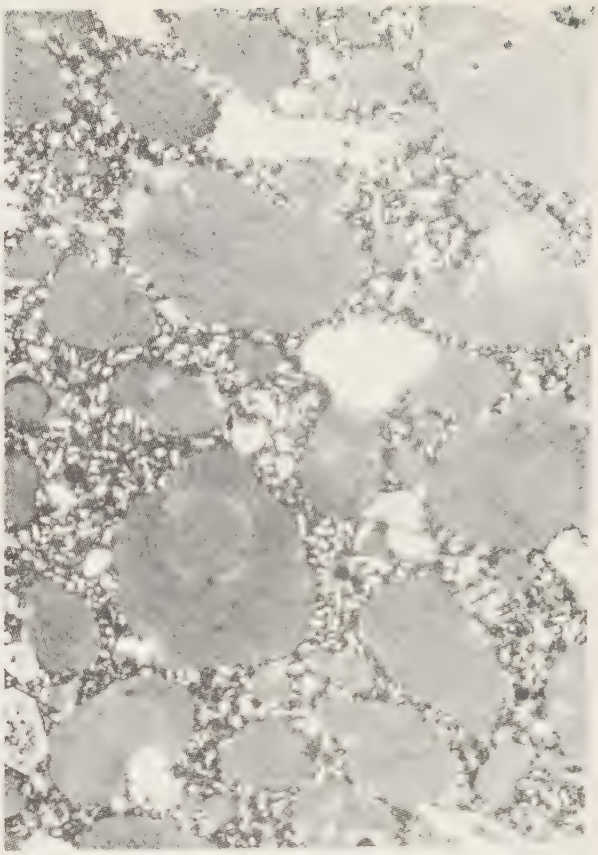
1 - La formation lacustre de Rocher Noir

Au Rocher Noir on remarque plusieurs mètres de gros galets arrondis surmontant environ deux mètres de sédiments argileux alternant avec de petites passées de pouzzolanes (voir figure).

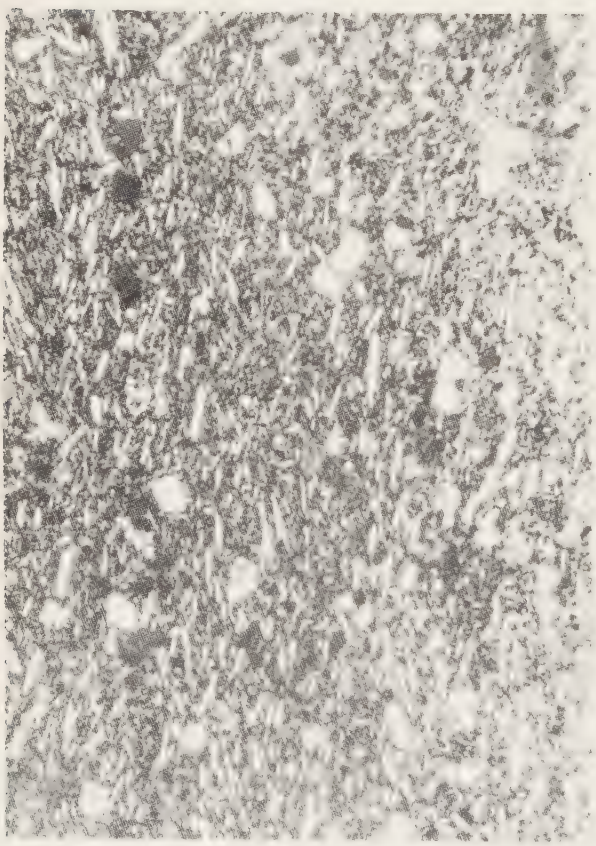
Les rapports chronologiques entre ces sédiments et les coulées "tardives" ne sont pas clairs et je propose deux interprétations possibles (voir figure). Notons que l'on trouve, sous ces sédiments, un lambeau de coulée appartenant au même groupe que les coulées tardives ainsi que le démontre l'étude pétrographique.



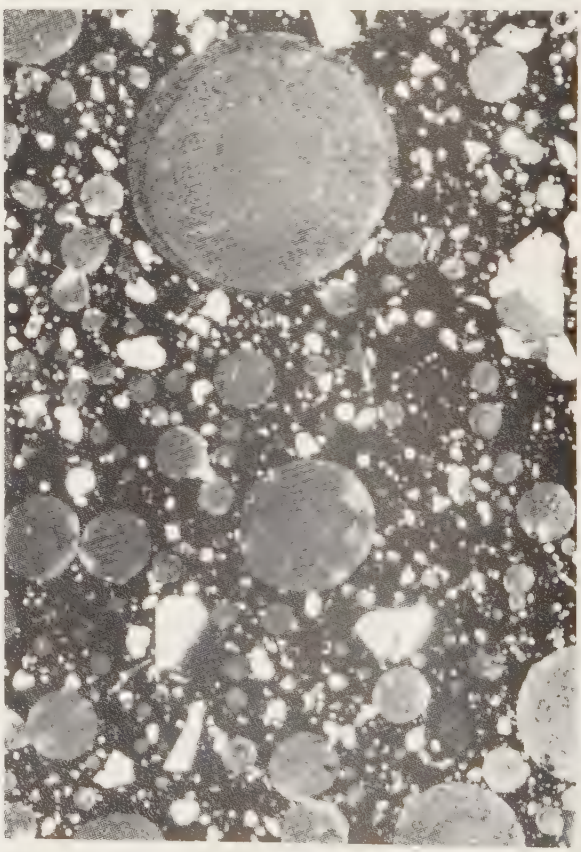
A



B



C



D

MICROPHOTOGRAPHIES DE BASALTES

A – AGGLOMÉRAT D'AUGITE DANS LE BASALTE DU SUC DE BAUZON.

B – LAVE ALVÉOLAIRE, LA VESTIDE DU PAL.

C – BASALTE À TENDANCE LABRADORITIQUE, COULÉE INITIALE DE LA GRAVENNE DE MONTPEZAT.

D – ALVÉOLES SUB-SPHÉRIQUES, VOLCAN DU SOUILLOL.

2 - La formation de la Prairie

Cette formation s'étend immédiatement à l'Est de Montpezat où elle recouvre en particulier toutes les coulées. Elle est cartographiée "alluvions anciennes" sur la carte géologique au 1/80 000e de Largentière (3e édition, 1966).

Il s'agit d'une formation détritique de quelques mètres de puissance où des blocs de socle de plusieurs mètres cubes sont mêlés à des éléments de toutes tailles et de natures variées (socle et basalte). On y rencontre en particulier des blocs de basalte à gros nodules de péridotites provenant donc du volcan du Chambon, situé à l'amont. D'autres à enclaves noritiques ont probablement la même origine. Ces divers éléments n'existent pas sous les coulées de la Gravenne. Il semble donc que les coulées de la Gravenne se soient mises en place avant celle du Chambon.

La mise en place de ces sédiments s'est probablement faite dans un contexte périglaciaire. Quoi qu'il en soit on n'observe aucune stratification (entrecroisée ou non) et les coulées de solifluxion latérales sont fréquentes.

Le phénomène de solifluxion explique sans doute la présence vers l'aval de nombreux blocs de socle, de plusieurs mètres cubes, actuellement isolés çà et là sur le toit des coulées.

°

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES BASALTES

1. La coulée principale

a. Etude qualitative en lames minces

Les phénocristaux

L'olivine souvent automorphe est fréquemment craquelée et quelquefois iddingsitisée.

L'augite, citée pour mémoire, est peu développée (0,090 x 0,024 mm) mais toujours zonée.

Les microcristaux

L'olivine, granulaire, est partiellement iddingsitisée.

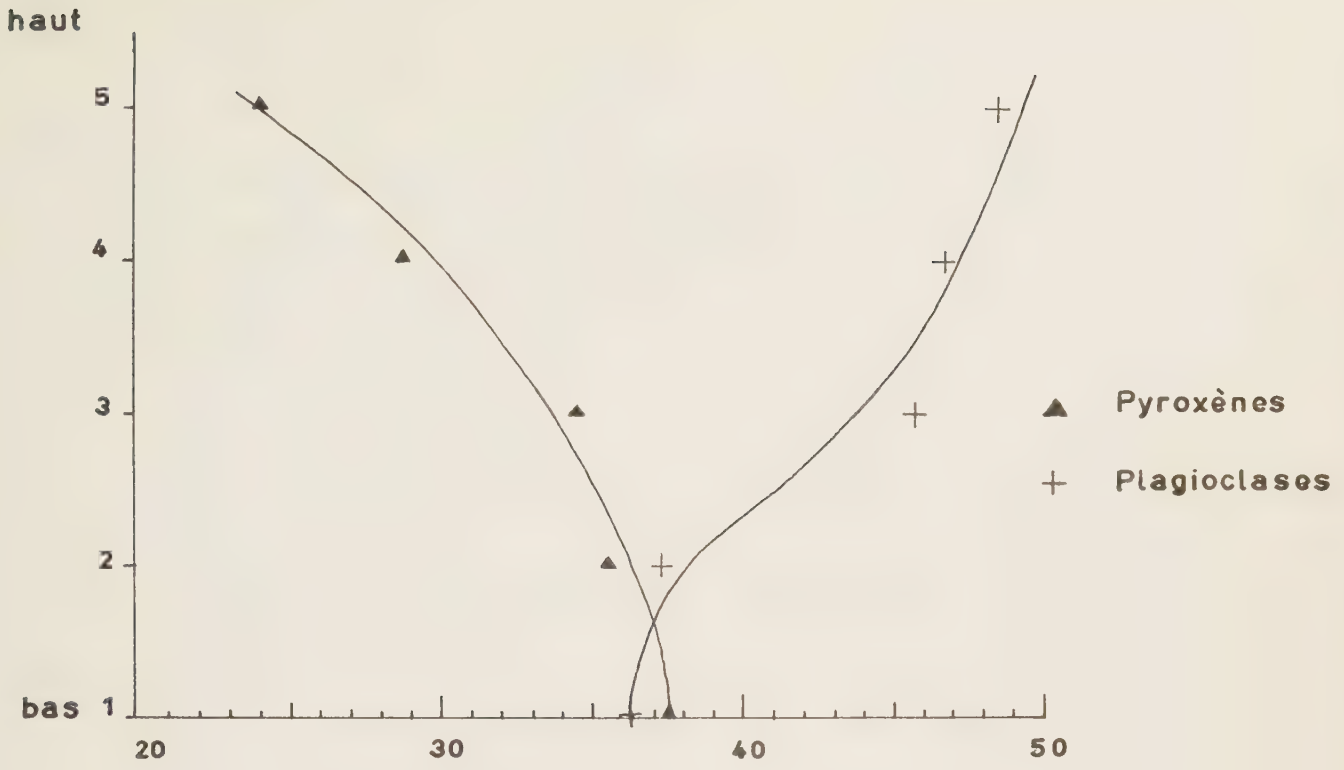
L'augite, parfois zonée, est sensiblement moins abondante que dans la quasi totalité des basaltes étudiés.

Les plagioclases (An 50) sont abondants et parfois bien développés (0,3 x 0,035 mm).

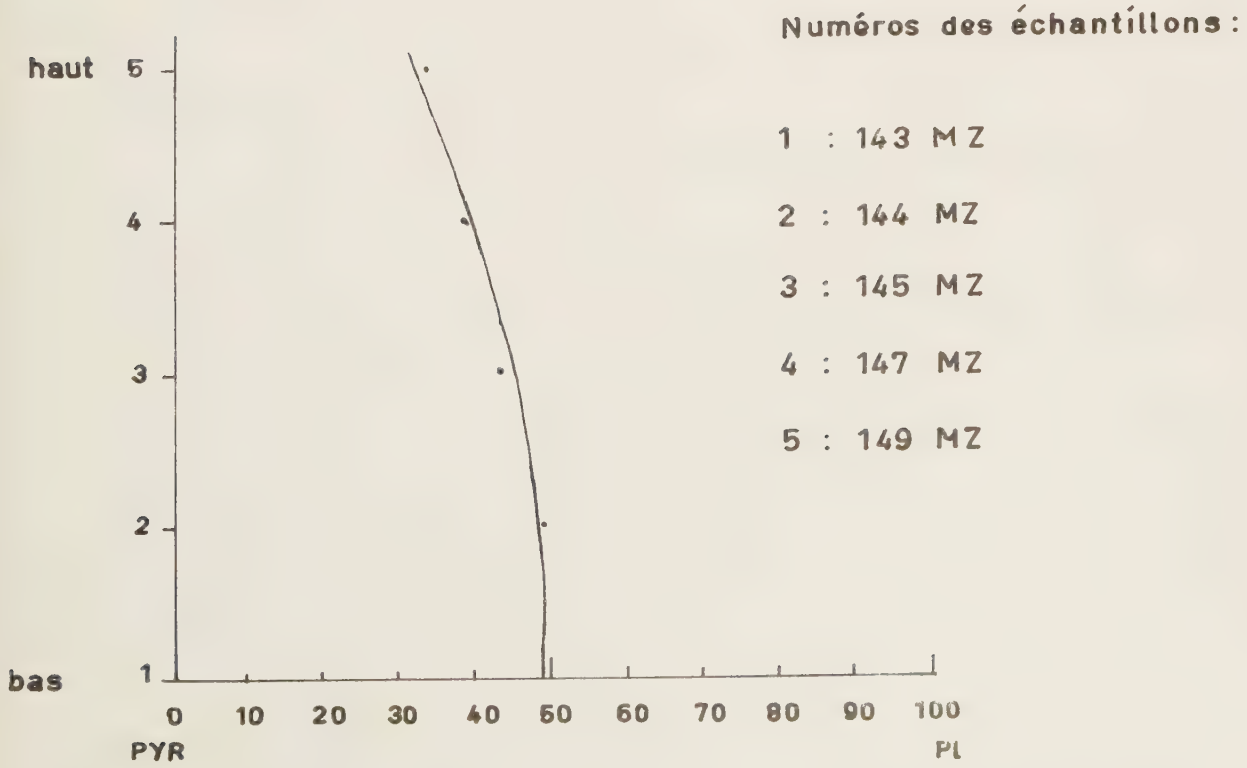
La titanomagnétite se présente en prismes le plus souvent automorphes et régulièrement répartis dans la mésostase.

b. Analyses modales

Elles portent d'une part sur un échantillon isolé (MZ.135) d'autre part sur des échantillons prélevés de bas en haut selon une coupe effectuée dans la coulée (MZ. 143 à MZ. 149). Sur la rive droite de la Fontolière, deux cents mètres à l'amont du confluent avec la Bourges. Notons que l'échantillonnage dans l'épaisseur de la coulée n'a pas été fait à intervalles réguliers.



Pourcentages des pyroxènes et plagioclases dans l'analyse modale



Proportions relatives des pyroxènes et plagioclases dans la coulée basaltique initiale

Echantillon MZ. 135 - Le comptage porte sur 1045 points dont 42 xénocristaux d'olivine et 3 xénocristaux de quartz.

Phénocristaux d'olivine	3,9	
		11,0
Microcristaux d'olivine	7,1	
Phénocristaux d'augite	0,2	
		24,9
Microcristaux d'augite	24,7	
Titanomagnétites		13,6
Minéraux à tendance felsitique indéterminés		0,0
Plagioclases (An 55)		50,5
Total		100,0

SAL = 0
COL = 49,50
PER = 30,64

La roche globale holocristalline, mésocrate, mésopéridotique est donc un basalte.

Les comptages 143 à 149 appellent quelques commentaires (voir figure jointe).

- Les plagioclases sont plus abondants dans la partie supérieure de la coulée.

- Les augites, à l'inverse, sont plus nombreuses dans la partie inférieure de la coulée.

- Les autres minéraux (olivines et minéraux opaques) ne semblent pas présenter de variations significatives.

Ces résultats doivent être considérés avec circonspection car d'une part il n'a été effectué qu'une seule coupe, d'autre part les échantillons n'ont pas été prélevés à des niveaux parfaitement repérés.

Coupe dans la coulée. (De bas en haut ; échantillon 143 à 149)

Echantillon	MZ.143		MZ.144		MZ.145		MZ.147		MZ.149	
Points comptés	1046		1054		1033		1060		1048	
Xéno. olivines	46		54		32		60		48	
Xéno. quartz	0		0		1		0		0	
Compositions modales										
Phénocristaux d'olivine	4,2	10,7	4,6	8,2	2,3	7,1	2,6	8,7	4,2	12,3
Microcristaux d'olivine	6,5		3,6		4,8		6,1		8,1	
Phénocristaux d'augite	1,6	37,5	0,8	35,4	1,0	34,4	1,2	28,9	0,3	23,9
Microcristaux d'augite	35,9		34,6		33,4		27,7		23,6	
Titanomagnétites	13,3		16,2		12,7		12,0		13,0	
Biotites	0		0		0,1		0,1		0	
Minéraux indéterminés (tendance felsitique)	2,4		2,8		0		3,6		2,3	
Plagioclases	36,1		37,4		45,7		46,7		48,5	
TOTAL	100,0		100,0		100,0		100,0		100,0	
COL =	63,9		62,6		44,3		43,3		41,5	
PER =	22,19		18,8		17,1		23,26		33,97	

2. Les coulées de flanc

a. Etude qualitative en lames minces

Les augites sont relativement abondantes, automorphes et de grande taille. Certaines atteignent trois à quatre millimètres dans leur plus grande dimension.

Elles sont toujours zonées. Les macles polysynthétiques y sont fréquentes mais la structure en sablier est très rare.

Le coeur montre des plages vitreuses brun-rouge qui témoignent de l'instabilité du minéral dans les conditions tardives du volcanisme.

Ces cristaux largement développés se sont probablement accumulés dans la chambre magmatique avant d'être entraînés en surface par des venues relativement tardives.

Les olivines plus rares atteignent exceptionnellement un millimètre dans leur plus grande dimension. Elles sont le plus souvent limpides. Les bords sont quelquefois fondus ou corrodés.

Les microcristaux et le fond :

Les augites, abondantes, constituent le fond de la lame mince.

Les olivines, granulaires, sont rares et le plus souvent limpides.

Les plagioclases (An 50) sont parfois largement développés. Ils atteignent fréquemment 0,02 à 0,03 sur 0,2 à 0,3 millimètre.

Les titanomagnétites sont automorphes en général (0,05 millimètre).

Quelques baguettes d'ilménite tapissent le fond vitreux.

b. Analyse modale

Elle porte sur 2000 points.

Phénocristaux d'olivine	4,9	------	6,6
Microcristaux d'olivine	1,7		
Phénocristaux d'augite	10,4	------	31,8
Microcristaux d'augite	21,4		
Minéraux opaques			14,9
Minéraux à tendance felsitique			1,0
Plagioclases			27,5
Verre			18,2
TOTAL			100,0

SAT = 0

COL = 54,3

PER = 17,1

Cette analyse modale est celle d'un basalte mésohyalin.

3. Les coulées ankaramitiques tardives

L'étude porte plus particulièrement sur les coulées situées sous la statue de "Notre Dame de l'Assomption".

IV.17

a. Etude qualitative en lames minces

Les phénocristaux

Les augites évoquent celles des petites coulées de flanc. Bien que systématiquement zonées les plus grandes augites ne présentent pas de figures de croissance en sablier.

Les olivines sont moins abondantes que les augites. Dans ces roches, la distinction entre xénocristaux et phénocristaux est parfois malaisée car on n'observe pas de "macles mécaniques".

Les minocristaux et la pâte

La pâte, à tendance localement felsitique, est parfois vitreuse.

b - Analyses modales

Echantillon	MZ. 158		MZ. 160		MZ.V.5	
Points comptés	1010		1044		1000	
Xéno. olivines			39		-	
Xéno. quartz	1,0		4		-	
Xéno. feldspaths			1			
		Compositions modales				
Phénocristaux d'olivine	11,5	17,1	9,6	13,0	13,0	19,4
Microcristaux d'olivine	5,6		3,4		6,4	
Phénocristaux d'augite	5,2	62,5	3,2	67,3	13,7	51,1
Microcristaux d'augite	57,3		64,1		37,4	
Titanomagnétites	7,4		11,5		10,0	
Minéraux indéterminés (tendance felsitique)	0		0,8		0,5	
Plagioclases (An 50-55)	13,0		7,1		19,0	
Verre	0		0,3		0	
TOTAL	100,0		100,0		100,0	
COL =	87,0		92,9		81,0	
PER =	21,5		16,2		27,5	

Echantillon MZ.158 prélevé au Sud de Ville-Basse.
Echantillon MZ.V. 71.5 prélevé sous la statue de "Notre Dame de l'Assomption"
Echantillon MZ.160 prélevé à deux cent cinquante mètres au Nord Ouest du château de Pourcherolles.

III- Chimisme: (1) Analyse ancienne ; F.RAOULT (E.JEREMINE -1927). Coulées ankaramitiques tardives.
(2) Echantillon MZ.135 ; Analyse Soras (1971). Coulée principale; partie inférieure, riche en augites.
(3) Echantillon MZ.149 ; Analyse Soras (1971). Coulée principale ; partie supérieure, riche en plagioclases.

Poids des oxydes	(1)	(2)	(3)
SiO_2	44,46	46,60	45,98
Al_2O_3	12,76	15,87	13,02
Fe_2O_3	3,81	4,21	9,22
FeO	7,78	6,66	5,30
MnO	-	0,167	0,07
MgO	10,52	7,92	8,88
CaO	11,78	8,12	9,51
Na_2O	3,39	3,68	4,19
K_2O	1,57	2,06	1,88
P_2O_5	0,82	0,715	0,22
TiO_2	3,02	2,80	0,14
Cr_2O_3	p.d.	p.d.	p.d.
H_2O^+	-	0,06	
H_2O^-	0,34	0,24	
Total	100,25	99,102	

Pourcentages cationiques	(1)	(2)	(3)
Si	40,91	43,50	42,98
Al	13,83	17,45	14,34
Fe^{3+}	2,64	2,96	6,48
Fe^{2+}	5,98	5,20	4,14
Mn	-	0,13	0,06
Mg	14,42	11,01	12,37
Ca	11,61	8,12	9,52
Na	6,04	6,66	7,59
K	1,84	2,45	2,24
P	0,64	0,56	0,17
Ti	2,09	1,96	0,10
Total	100,00	100,00	99,99
R =	40,42	52,88	50,80
S =	23,37	26,92	22,80
T =	37,15	42,94	46,35

Norme C.I.P.W.		(1)	(2)	(3)
QZ		0,00	0,00	0,00
OR		9,28	12,32	11,29
AB		8,39	24,07	16,80
AN		14,98	20,96	11,35
NE		11,00	4,03	10,41
	Ca	15,98	6,31	14,66
DI	Mg	11,68	4,66	11,85
	Fe	2,74	1,05	1,08
	Mg	10,19	10,72	7,44
	Fe	2,64	2,66	0,75
MA		5,53	6,18	13,58
ILM		5,74	5,38	0,27
AP		1,95	1,70	0,53

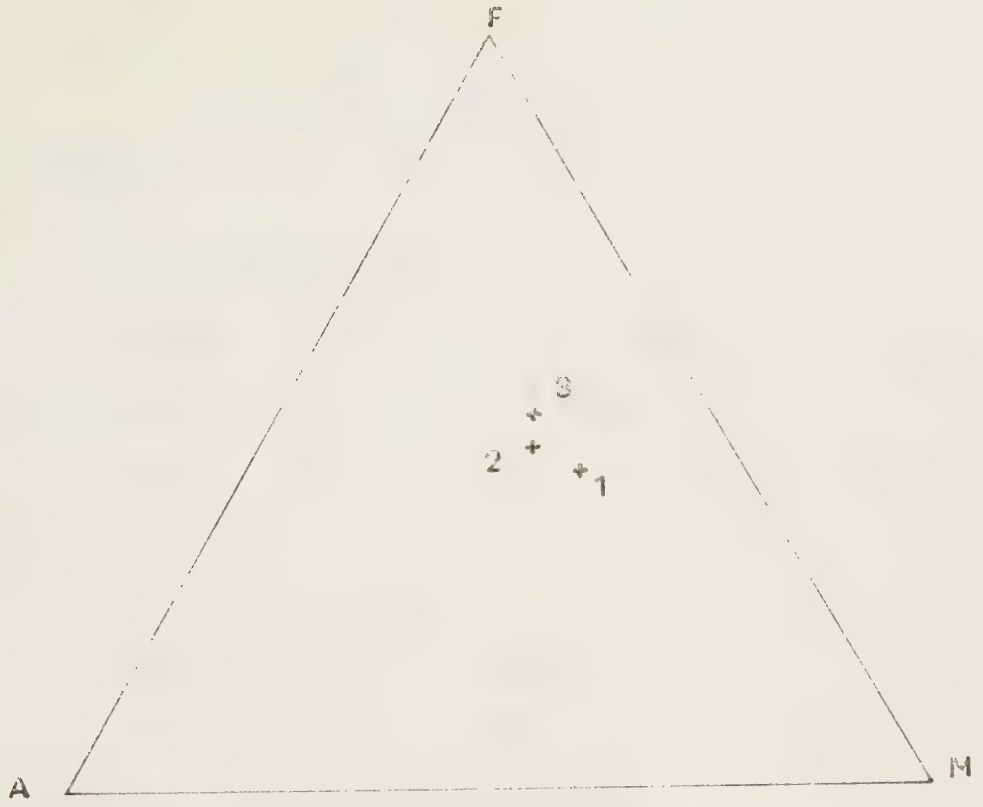
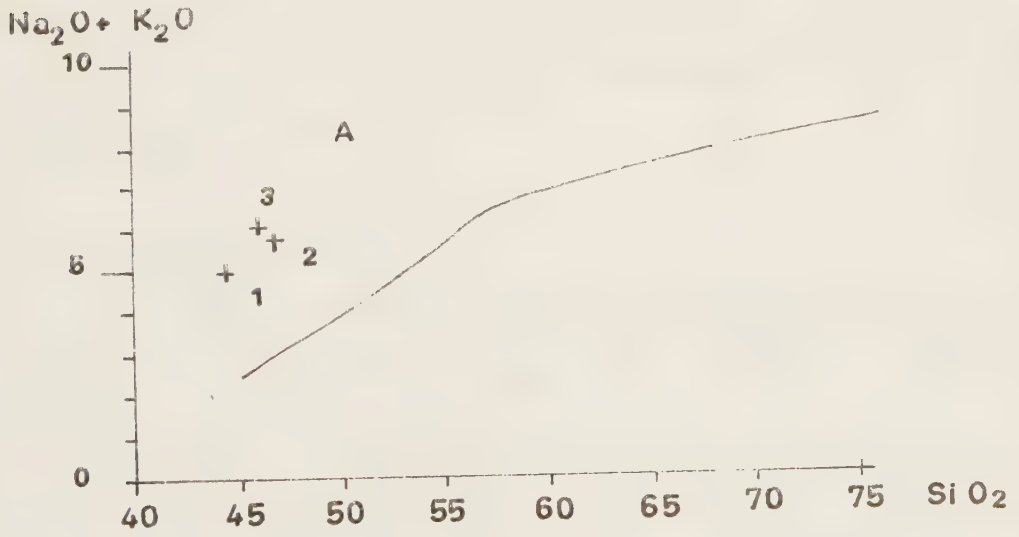


DIAGRAMME AFM DES LAVES DE LA GRAVENNE DE MONTPEZAT



TENEUR EN ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE DES LAVES DE LA GRAVENNE DE MONTPEZAT.

1.- Ankaramites.
2.- Base de la coulée basaltique initiale.
3.- Sommet de la coulée basaltique initiale.

A.- Champ des basaltes alcalins.

IV.20

CONCLUSIONS

1. Nature du volcanisme

La Gravenne de Montpezat est un appareil au dynamisme un peu particulier dans le contexte volcanique local.

Il semble en effet qu'une phase d'épanchement initiale ait précédé la formation du cône. Puis ce volcan a fonctionné à la manière des volcans stromboliens de Jaujac, d'Aizac et du Bauzon.

Les laves épanchées ont également évolué au cours du temps :

- la coulée initiale, la plus riche en plagioclases, a une composition de basalte stricto sensu ;

- les coulées ultérieures matérialisent la vidange de la chambre magmatique au fond de laquelle s'étaient antérieurement accumulées des augites et, à un moindre degré, des olivines. Les laves épanchées ont alors été des ankaramites (MZ.158) ou même des picrites (MZ.160).

2. Age relatif

La coupe jointe montre que la coulée du Ray Pic est antérieure à la première coulée émise par la Gravenne de Montpezat.

La nature des éléments contenus dans les formations sédimentaires associées permet de conclure à l'antériorité de toutes les coulées de la Gravenne par rapport à celle du volcan du Chambon, sous réserve d'un changement climatique.

Les coulées de solifluxion qui ennoient les derniers épanchements semblent indiquer que la Gravenne était totalement édifiée avant la fin de la dernière période périglaciaire.

CHAPITRE V

-:-

LA GRAVENNE DE THUEYTS

-:-

INTRODUCTION

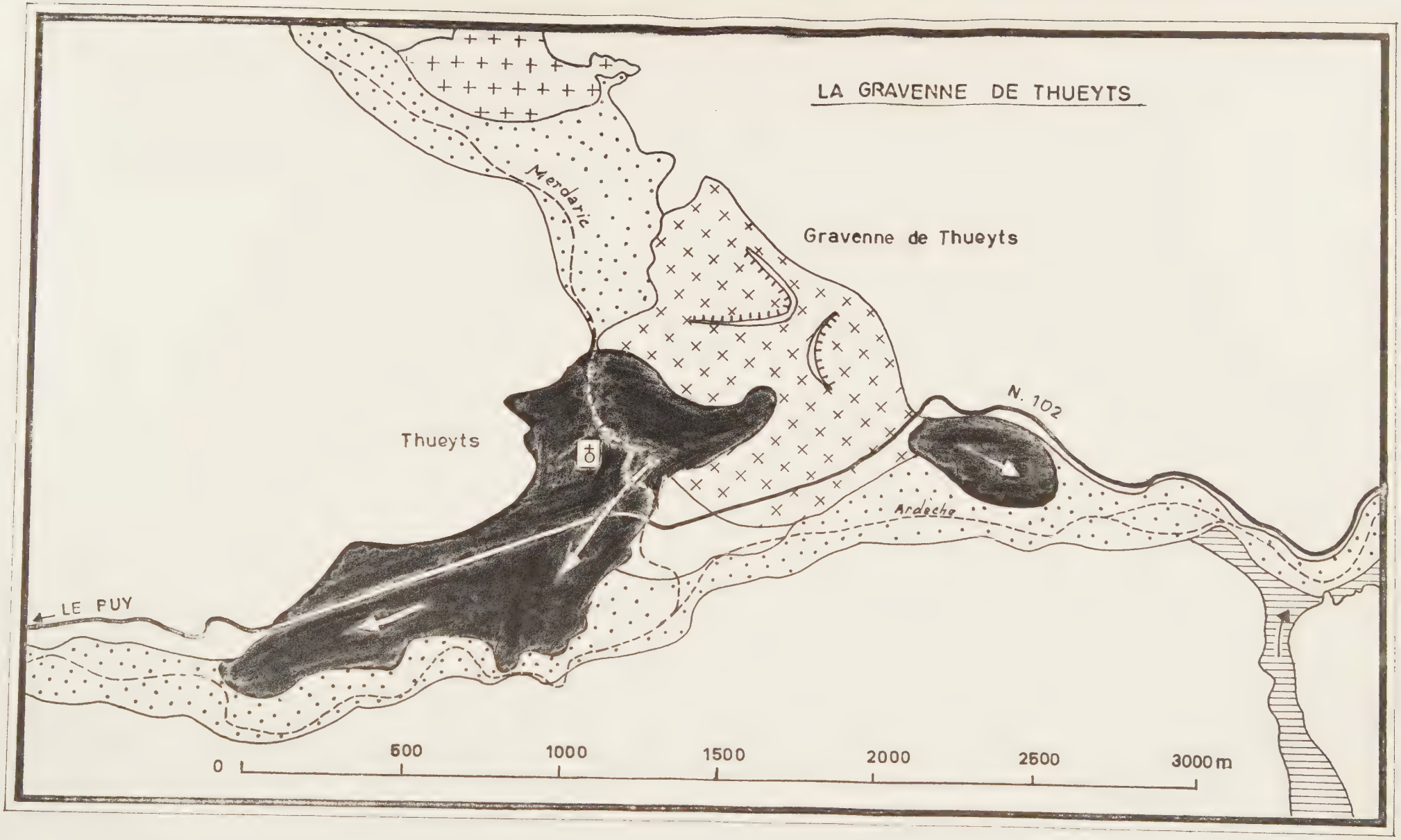
La Gravenne de Thueyts, encore appelée volcan du Prat, est située sur le versant gauche de la vallée de l'Ardèche. Elle domine au bord même de la route N. 102, la bourgade de Thueyts.

I. DESCRIPTION

La Gravenne se présente comme un cône de scories de huit cents mètres de diamètre, s'élevant d'une centaine de mètres au-dessus du substratum migmatitique.

P. BOZON (1963, p.618) a consacré quatre lignes à ce cône de scories dont R. BROUSSE et E. BERGER (1967, p.6) écrivent : "La morphologie primitive n'est plus identifiable en raison de l'intense exploitation dont il est depuis longtemps l'objet".

En fait, il ne restera bientôt plus rien de ce volcan. Cependant le stade d'exploitation actuel permet encore de bien observer son coeur où l'on remarque l'absence d'intercalations basaltiques. On distingue tout au plus quelques blocs de scories plus grossières (quelques décimètres). Enfin, des enclaves claires de quelques centimètres faites de fragments de socle se détachent


LA GRAVENNE DE THUEYTS
Merdaric
Gravenne de Thueyts
N. 102
Thueyts
Ardèche
LE PUY
0
500
1000
1500
2000
2500
3000 m

ALLUVIONS

SCORIES ; GRAVENNE DE THUEYTS

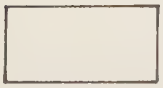
SCORIES ; GRAVENNE DE MONTPEZAT

COULÉES BASALTIQUE DE LA GRAVENNE DE THUYETS

COULÉES BASALTIQUES DU SOUILLOL

CARRIÈRES

SENS D'ÉPANCHEMENT DES COULÉES



SUBSTRATUM

LA GRAVENNE DE THUEYTS

sur le fond rouge et noir du front de taille.

Les niveaux supérieurs du cône, conservés au bord de la route N. 102, s'enrichissent en lave scoriacée. On y voit même apparaître quelques passées basaltiques annonçant la dernière phase d'activité du volcan ; phase matérialisée par la puissante coulée basaltique (50 mètres d'épaisseur) qui a remonté le lit de l'Ardèche sur environ trois kilomètres. Cette coulée a égueulé la Gravenne du côté Ouest-Sud-Ouest (240° Nord ± 10°).

Bloquée à l'aval par les scories qui encombraient le lit de l'Ardèche, la coulée a pu au contraire en remonter la vallée en raison de la faible pente locale (1° environ).

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DU BASALTE

Je décrirai successivement :

- Le basalte observé dans les niveaux scoriacés supérieurs du cône.
- Le basalte de la coulée.

1°) Le basalte des niveaux scoriacés

Il s'agit d'un basalte gris clair riche en petites bulles millimétriques allongées. Localement ces bulles, particulièrement nombreuses, donnent à la roche un faciès ponceux. Des passées scoriacées de 1 à 3 centimètres sont englobées dans la matrice basaltique.

Etude en lame mince

. Les phénocristaux

Ils sont uniquement représentés par des olivines fortement

rubéfiées, dont le mode d'altération rappelle celui décrit dans les basaltes appartenant au "bouchon sommital" du Souillol (Ch.VI), Lorsque l'altération pseudomorphique en magnétite est particulièrement bien développée le cristal prend le faciès d'un minéral opaque dont les formes cristallines restent néanmoins celles de l'olivine.

. Les microcristaux

Ce sont :

. Des plagioclases souvent masqués par le fond très sombre

. Des baguettes d'augite

. Des minéraux opaques représentés par :

- Des cristaux de titanomagnétite

- Des opaques non déterminés pseudomorphosant des olivines d'une façon comparable à celle décrite pour les phénocristaux.

. Le fond où abondent les oxydes opaques présente une tendance nettement felsitique.

2°) Le basalte de la coulée

Ce basalte est gris blanc en patine, un peu plus sombre que le précédent en cassure. Les bulles, moins nombreuses, y sont plus allongées.

Etude en lame mince

- Les phénocristaux

Ce sont :

. Des olivines automorphes (0,8 à 1,2 millimètre sur 0,3 à 0,4 millimètre).

. Des augites rares de moins d'un millimètre dans leur plus grande dimension.

- Les microcristaux

Ce sont :

. Des plagioclases abondants (An 65 %) (1). Ceux-ci, comme ceux du neck de Crau sont donc très basiques. Leur disposition donne parfois à la lave une texture vaguement fluidale.

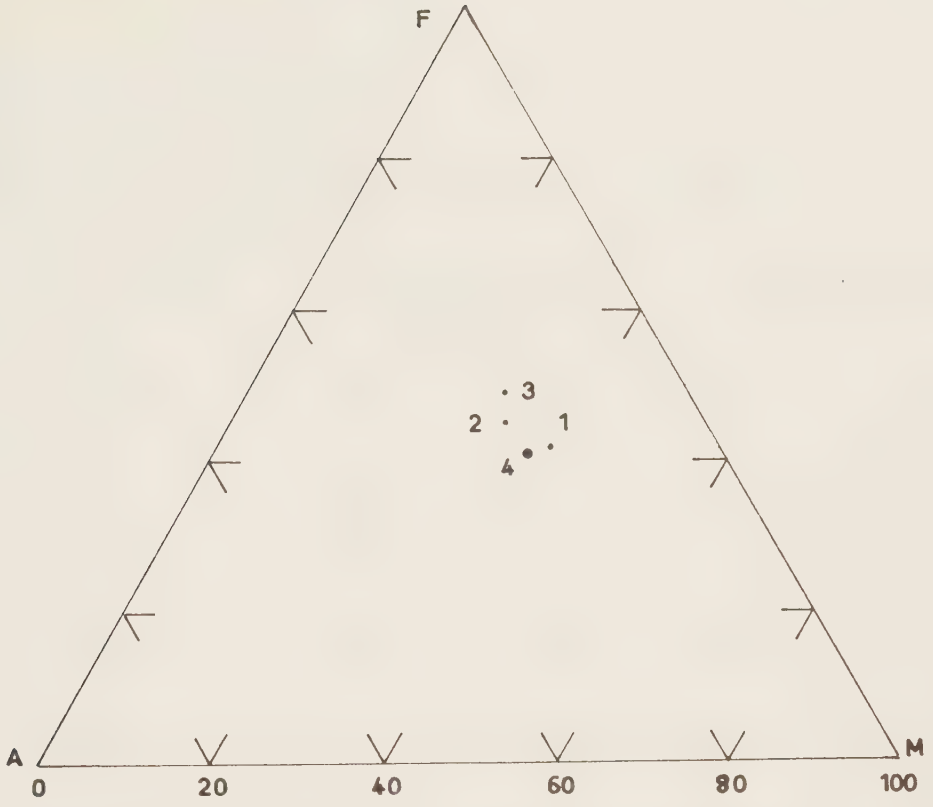
. Des olivines limpides

. Des baguettes d'augite parfois pseudomaclées

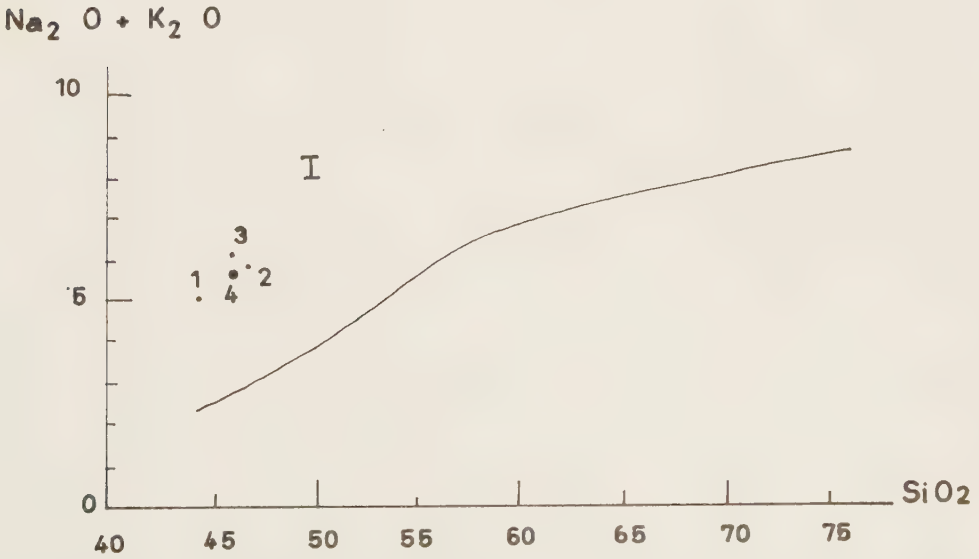
. Des titanomagnétites (0,02 à 0,03 millimètre)

---

(1) Ce résultat doit être considéré comme indicatif ; α a été mesuré à $\pm$ 5° en raison de l'extinction peu nette présentée par les rares sections susceptibles d'être utilisées pour cette mesure.



DIAGRAMMES AFM COMPARÉS DES LAVES DES GRAVENNES DE THUEYTS (• ,4) ET DE MONTPEZAT (·, 1 à 3)



COMPARAISON DES TENEURS EN ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE DES LAVES DES GRAVENNES DE THUEYTS ET DE MONTPEZAT

Légende (1 à 3 (.): Gravenne de Montpezat ;
4 (•): Gravenne de Thueyts ;
I_ : Champ des basaltes alcalins

III - CHIMISME DES BASALTES (1)

Echantillon Tu.404 - Analyse nouvelle R. DURET

Poids des oxydes		Pourcentages cationiques		Norme C.I.P.W.		
SiO_2	46,30	Si	42,32	QZ		0,00
Al_2O_3	15,49	Al	16,66	OR		10,78
Fe_2O_3	0,59	Fe^{3+}	0,40	AB		8,70
FeO	10,21	Fe^{2+}	7,78	AN		18,99
MnO	0,06	Mn	0,05	NE		13,90
MgO	9,55	Mg	13,10		Ca	11,09
CaO	9,60	Ca	9,40	DI	Mg	6,23
Na_2O	4,03	Na	7,13		Fe	4,41
K_2O	1,81	K	2,11	OL	Mg	12,43
P_2O_5	0,37	P	0,29		Fe	9,67
TiO_2	0,95	Ti	0,65	CR		0,23
Cr_2O_3	0,15	Cr	0,11	MA		0,86
H_2O^+	0,88	TOTAL	100,00	ILM		1,82
H_2O^-	0,30			AP		0,89
TOTAL	100,29			TOTAL		100,00

R = 49,57

S = 22,61

T = 38,45

θ = 20,25

(1) L'échantillon analysé a été prélevé 1 kilomètre à l'amont de Thueyts, près de l'"Echelle de la Reine".

(2) La définition et la signification de l'indice θ sont discutées au chapitre XVI.

IV. POUZZOLANES ET POUZZOLANICITE

L'étude des appareils volcaniques m'a conduit à décrire les pouzzolanes, notamment au chapitre VI. L'intense exploitation dont la Gravenne de Thueyts a été l'objet incite à quelques développements sur ces roches considérées du point de vue géotechnique.

Une première observation de ces scories fines, n'incite pas le pétrographe à de grands développements. Pourtant, ce matériau qui a joué un très grand rôle dès l'antiquité, est toujours utilisé à notre époque.

Le terme pouzzolane est tiré, semble-t-il, du village de Pouzzoles, petit port du Golfe de Naples.

On connaît de très beaux vestiges en béton de pouzzolane :

le temple de Seraphis,
la villa de Cicéron,
la chapelle Agia Irini construite au XIVe siècle sur l'île de Ios, près de Santorini (Cyclades).

Pour le vulcanologue, le terme pouzzolane évoque les scories basaltiques de petite taille. En fait, ce terme possède un sens plus large, notamment dans le domaine industriel.

Le géotechnicien réunit sous cette rubrique des matériaux aussi différents que le trass de l'Eiffel, la terre de Santorin, les tufs de nature trachytique ou basaltique, la gaize etc... A cette liste de matériaux naturels s'ajoutent les laitiers de hauts fourneaux, les cendres volantes etc...

La variété des produits cités a de quoi étonner. Pourtant, tous sont bien <u>des</u> pouzzolanes. Ceci me conduit à lever une ambi-

guité qui tient à la confusion des termes pouzzolane et pouzzolanicité.

JUNG (1957, p.241) donne la définition suivante :
"les pouzzolanes de Pozzuoli (Italie Centrale), sont des cendres trachytiques claires et friables, qui sont susceptibles d'être utilisées comme ciment naturel".

En France, le terme pouzzolane est généralement utilisé au sens restreint du vulcanologue et on peut lui donner le contenu suivant :

La pouzzolane est une roche naturelle constituée par des scories volcaniques. Elle possède une texture scoriacée et alvéolaire. Au point de vue chimique elle est essentiellement constituée de (1) :

- SiO_2 43 à 55 %
- Al_2O_3 12 à 24 %
- Fe_2O_3 8 à 20 %
- Moins de 0,5 % de soufre sous forme de sulfure
- Moins de 1 % de SO sous forme de sulfate.

Elle est généralement rouge ou noire, avec toutes les teintes intermédiaires, exceptionnellement grise.

Cette définition, qui s'applique tout particulièrement aux scories basaltiques, ne nous sort guère des sentiers battus dont s'écarte déjà celle de FAICK :

---

(1) Norme p.18-310, Juil. 1957.

V.11

"Les pouzzolanes sont des matières naturelles ou artificielles qui, ajoutées à du ciment, donnent un produit de qualité supérieure pour un prix généralement très bas.

Le "Concrete Manual" (U.S.B.R) nous donne une définition plus précise :

"... Une matière siliceuse ou silico-alumineuse possédant en elle-même peu ou pas de propriétés de prise mais, qui finement divisée et en présence de chaux réagit avec l'hydroxyde de chaux à la température ordinaire pour former un composé ayant la propriété d'un ciment".

Les deux premières définitions correspondent à des pouzzolanes, les deux suivantes précisent la notion de pouzzolanicité et couvrent donc toutes les pouzzolanes qui peuvent, comme je l'ai indiqué, être des matériaux d'origine très diverses tels que cendres trachytiques, laitiers de hauts fourneaux, gaize etc...

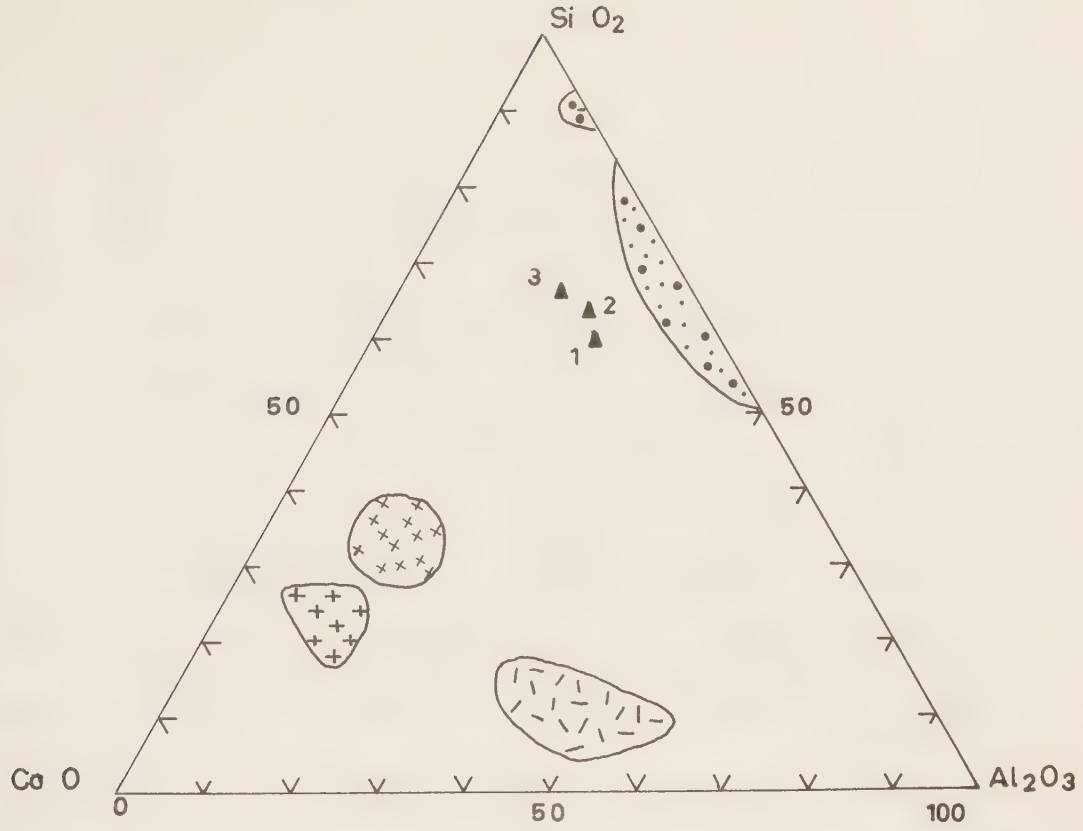


DIAGRAMME TRIANGULAIRE DES COMPOSITIONS DES CIMENTS, DES LAITIERS ET DES POUZZOLANES, COMPARAISON AVEC LES POUZZOLANES DE L'ARDÈCHE.

gaize

pouzzolanes

laitiers de hauts fourneaux

ciment portland

ciment alumineux

▲ pouzzolanes ardéchoises

1 pouzzolane de Jaujac

2 & 3 pouzzolanes de la Gravenne de Thueyts

V.13

Analyses chimiques de quelques pouzzolanes

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SiO_2	45,10	46,64	51,50	43,42	41,40
Al_2O_3	17,80	22,18	18,58	12,40	17,35
Fe_2O_3	17,90	12,97	7,22	11,60	12,75
CaO	9,80	8,84	10,30	9,86	9,60
MgO	6,20	5,24	9,00	10,07	12,60
Alcalins	0,90	0,80		7,27	2,60
Divers	0,45	3,16	3,40	0,58	0,22
Humidité et perte au feu	2,05	0,17		1,00	4,70
TOTAL	100,20	100,00	100,00	96,20	101,22

(1), (2) - Pouzzolanes d'Auvergne ; (3), (4) Gravenne de Thueyts ; (5) Coupe de Jaujac.

V. LES ENCLAVES

1°) Les péridotites et les enclaves homoeogènes

1a - Les nodules de péridotite sont peu abondants et de faible taille, atteignant au plus deux à trois centimètres. Ils sont rubéfiés dans le basalte des niveaux scoriacés. Dans la coulée ils sont d'une grande fraîcheur et parfois réduits à des monocristaux identifiables grâce à la présence de "macles mécaniques".

1b - Les enclaves homoeogènes

Elles sont peu nombreuses et réduites à quelques rares agglomérats millimétriques d'augites.

2°) Les enclaves enallogènes

Elles sont peu variées mais nombreuses. Il s'agit systématiquement d'enclaves arrachées au substratum migmatitique. Les ferromagnésiens sont pseudomorphosés en minéraux opaques et ne sont plus identifiables. Les feldspaths sont fréquemment fondus et remplacés par un verre rose où l'on remarque parfois de très belles figures de dévitrification.

Les quartz sont entourés de l'habituelle auréole de réaction lorsqu'ils sont dissociés.

Un grand feldspath (0,8 sur 1,2 millimètre) montre un coeur partiellement fondu entouré d'une mice zone recristallisée à faces nettes, coaxiale sur le nucleus.

CONCLUSION

La Gravenne de Thueyts est un volcan extrêmement simple. Il diffère en cela des volcans de Jaujac, d'Aizac, du Bauzon et du Souillol où coulées de laves et niveaux de projections alternent plus ou moins régulièrement.

D'autre part ce volcan est le seul dont le cratère n'ait jamais contenu de lac de laves. Peut-être n'est-il en fin de compte qu'une bouche adventive de son puissant voisin: le volcan de Montpezat.

Les laves sont des basanitoïdes au sens de LACROIX.

0 5 cm

0 8 cm

0 10 cm

VOLCAN DU SOUILLOL : laves cordées

CHAPITRE VI

-:-

LE VOLCAN STROMBOLIEN DU SOUILLOL

-:-

INTRODUCTION

1°) Situation

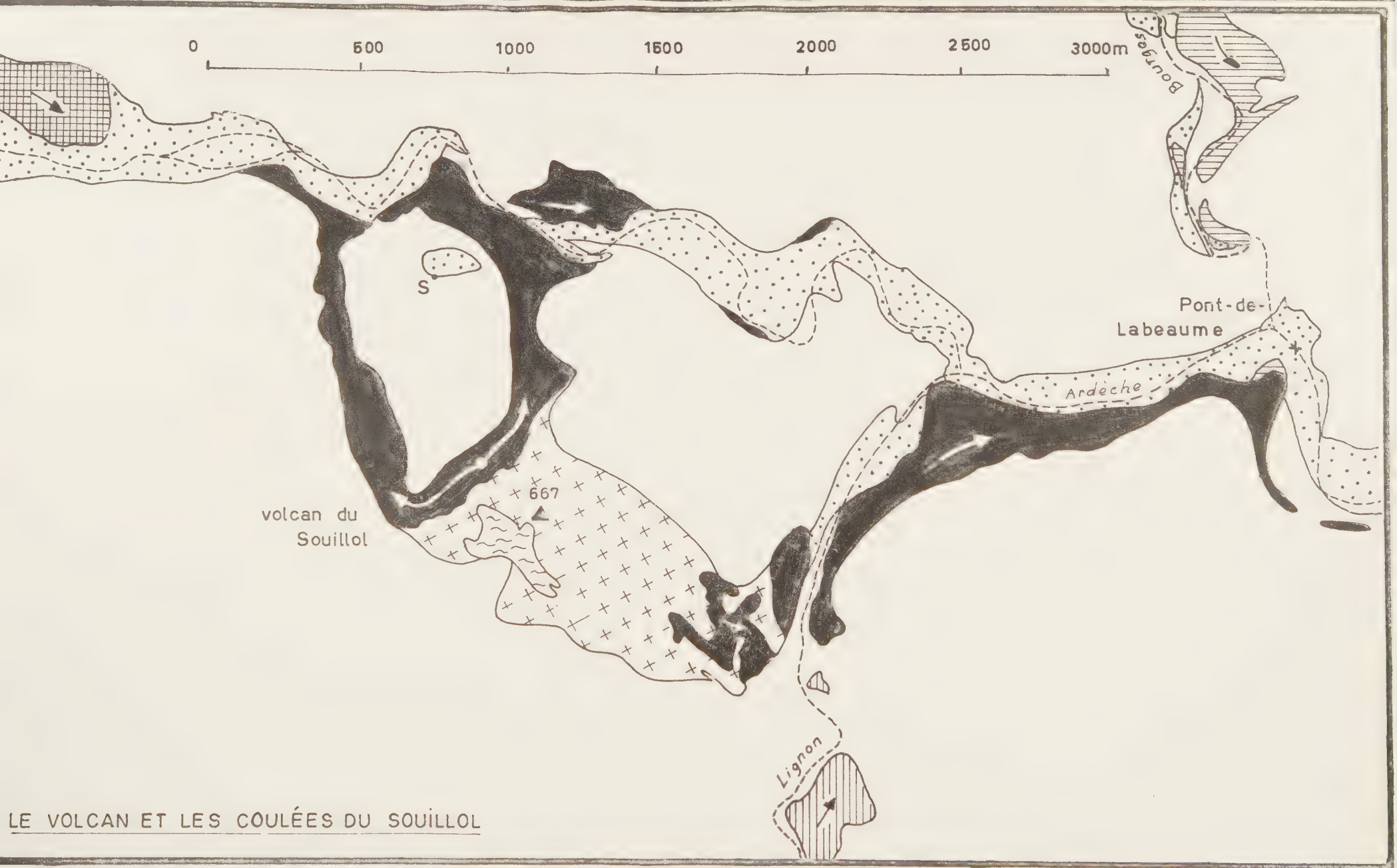
Le volcan du Souillol est situé sur la crête séparant les vallées de l'Ardèche et du Lignon, juste à l'aplomb de Neyrac.

2°) Historique des études antérieures

- GIRAUD-SOULAVIE en donne la première description (1780, p.437-438) mais J.D. FORBES (1850) croit le découvrir soixante dix ans plus tard.

- P. BOZON (1963, p.618) y voit un cône strombolien édifié postérieurement à l'émission des coulées de laves.

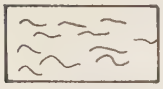
Une première reconnaissance m'a conduit à distinguer trois petites langues basaltiques antérieures aux projections (R.BROUSSE et E. BERGER 1967, p.7).



LE VOLCAN ET LES COULÉES DU SOUILLOL

ALLUVIONS

SCORIES ET POUZZOLANNES


LAVES CORDÉES

SOLFATARE

COULÉES BASALTIQUES DU SOUILLOL

COULÉES BASALTIQUES DE LA GRAVENNE DE THUEYTS

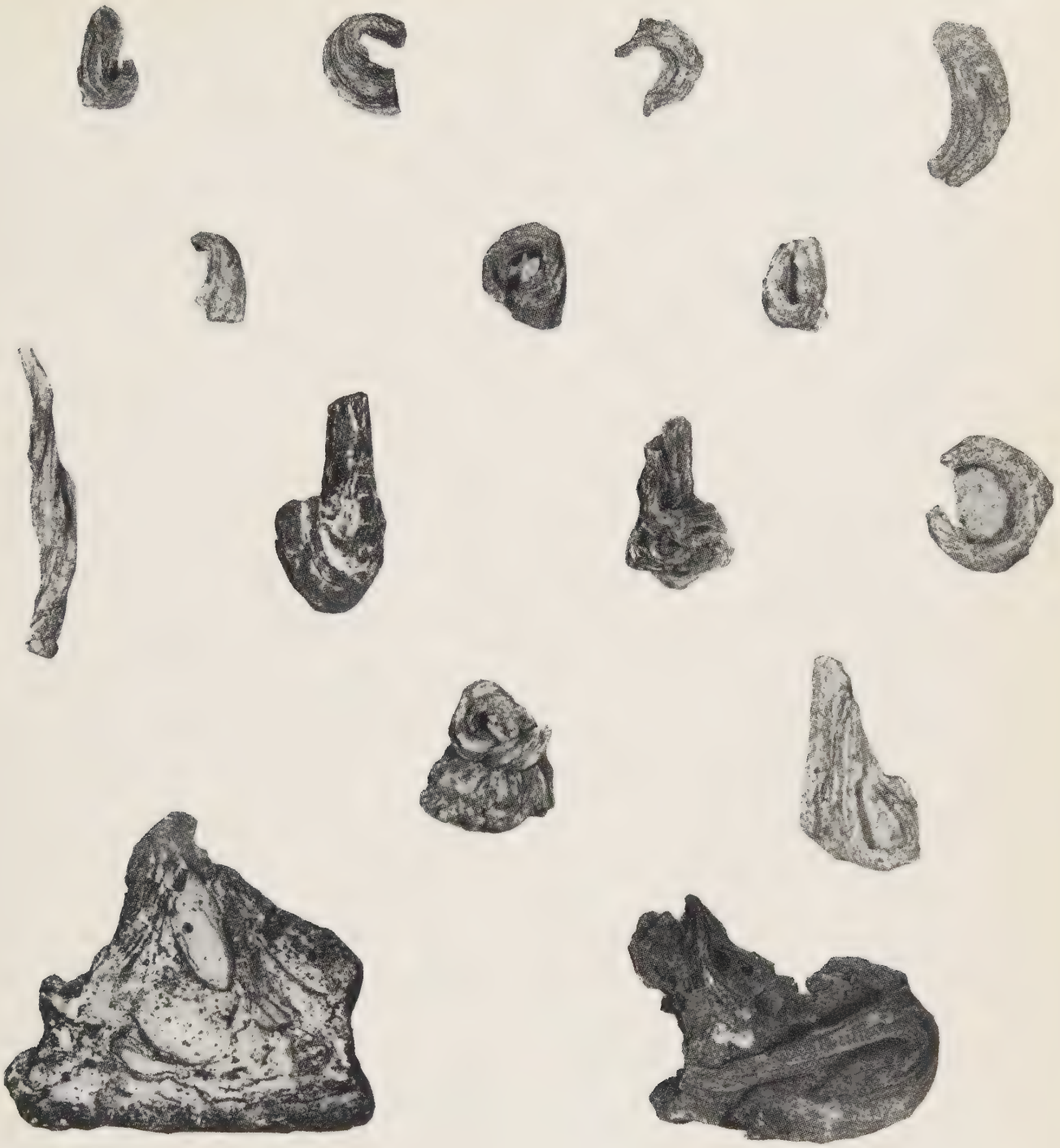
COULÉES BASALTIQUES DU RAY PIC

COULÉES BASALTIQUES DE LA COUPE DE JAUJAC

SENS D'EPANCHEMENT DES COULÉES

SUBSTRATUM

LE VOLCAN ET LES COULÉES DU SOUILLOL



VOLCAN DU SOUILLOL : laves cordées

VI.6

I. DESCRIPTION

La position culminante de ce volcan, à cheval sur les deux vallées de l'Ardèche et du Lignon, en a facilité la dégradation intense.

1°) Le sommet actuel (alt. 667 m) a la forme d'un bouchon plat atteignant quelques mètres dans sa plus grande dimension. Cet aspect particulier semble dû à une inversion de relief (voir figure) : l'érosion aurait emporté le manteau de scories, épargnant les laves mieux soudées de la cheminée. Celles-ci, de couleur brune ou rougeâtre, présentent systématiquement des formes aux contours capricieux, elles sont même parfois cordées (voir photo). Elles sont imbriquées avec des projections en forme de gouttes, anneaux et fils de quelques millimètres à quelques centimètres (voir photo). Le tout est emballé dans un ciment de même aspect. La patine est toujours craquelée. La cassure, noire à brun-rouge selon le degré d'oxydation, montre de nombreuses bulles sphériques ou allongées de quelques dixièmes de millimètre (le plus souvent) à un centimètre.

2°) Des pouzzolanes d'aspect plus banal et des laves s'observent dans une carrière dominant le Lignon. La base de l'affleurement repose sur le socle migmatitique (voir figure). On y observe que des émissions de pouzzolanes ont précédé une période durant laquelle coulées et projections ont alterné (fig.). Ceci souligne bien le caractère strombolien de ce volcan.

3°) Les deux coulées de vallées

Deux coulées basaltiques s'éloignent du volcan l'une ramifiée vers Neyrac, l'autre vers le Souillol.

a- La coulée de Neyrac

Il s'agit d'une coulée unique qui, rencontrant un promontoire granitique, l'a contourné par ses deux ravins bordiers. Parvenus au niveau de l'Ardèche, les deux rameaux se sont à nouveau juxtaposés. Ultérieurement l'érosion a déblayé la zone d'imbrication. Cette coulée peu importante se limite pour l'essentiel au site de Neyrac.

b- La coulée du Lignon est sensiblement plus développée. Elle relaie à l'aval la coulée de Jaujac dont elle se distingue par le faible développement de la vraie colonnade. Cette coulée se termine à Pont-de-Labeaume près de l'auberge du Grand Virage. A l'entrée amont du village, dans la convexité que dessine l'Ardèche, elle est parfaitement superposée à la coulée issue du Ray Pic (voir figure jointe). Cette observation sera précieuse pour établir les chronologies relative et absolue de ces formations particulièrement récentes (voir Chapitre XI). Actuellement encore des manifestations volcaniques posthumes sont perceptibles à Neyrac (solfatare de la grotte de la mort et sources minérales).

"Neyrac-les-Bains" doit en effet une certaine prospérité et à défaut une réelle célébrité à ses sources minérales. En effet, en l'an 121 avant J.C., le consul Domitius occupa l'actuel Vivarais qui fut alors incorporé à la province d'Helvie. Or, à

VI.9

Eau de la "Source des Bains"; analyse MAZADE (1851)

		par litre
Principes volatils	Azote	Inapprécié
	Acide carbonique ...	0.638
		Grammes
Chlorure	de sodium	0.017
Bicarbonates anhydres	de potasse	0.045
	de soude	0.519
	de lithine	0.003
	de chaux	0.610
	de strontiane	0.003
Carbonates et oxydes terreux dissous par l'acide carbonique et les bicarbonates alcalins	de magnésie	0.086
	de glucyne	0.011
	de zircone	0.008
	d'yttria	0.003
	de silicium	0.068
	d'aluminium	0.055
Carbonates et oxydes métalliques dissous par l'acide carbonique et les bicarbonates alcalins	de cérium	
	de lanthane	0.002
	de didyne	
	de nickel	0.006
	de cobalt	0.001
	de tantale	0.001
	de molybdène	0.006
	de titane	0.002
	de tungstène	0.003
	d'étain	0.005
	d'arsenic	0.001
	de manganèse	0.004
	de fer	0.010
Matière bitumineuse	acide mellitique ...	0.020
	bitume	0.104
Total des principes fixes ...		1.644

VI.10

Eau de la "Source des Bains" (in OSSIAN HENRY, 1852)

Résidu fixe, 1 gramme 56 centigrammes pour 1000 grammes.
Acide carbonique libre, 1/9e ou 1/8e du volume ;
Azote, avec un peu d'oxygène, indéterminé.

Le résidu se compose ainsi :

	Grammes
Bicarbonate de chaux	0.847
- de magnésie	0.285
- de soude (anhydre)	0.466
- de potasse (anhydre)	0.150
- de fer	0.014
- de manganèse	(sensible)
Sulfate de soude et chaux anhydre	0.130
Chlorure alcalin	0.039
Iodure alcalin	Indices peu sensibles
Silicate d'alumine	
- de zircone	0.055
- de soude et de potasse	
Oxyde de titane (sans doute uni à du fer)	
Nickel et cobalt (sans doute carbonatés)	
Arsenic uni à du fer	0.110
Phosphate terreux	
Matière bitumineuse et perte	
Total	2.099

cette époque déjà, les populations locales usaient des eaux de Neyrac (1) et tout naturellement les "Romains y organisèrent des termes" (JOLY et 1. 1931, p.6). Les croisés plus tard vinrent nombreux y soigner avec succès les maladies cutanées rapportées d'Orient. En 1851, l'Académie de médecine de Paris reconnut ces eaux dont le pouvoir curatif a été attribué à la présence de titane et de terres rares (voir tableau joint).

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES LAVES

Il ressort de notre description que trois groupes doivent être distingués :

- les laves cordées du "bouchon sommital",
- les petites coulées en intercalation avec des pouzzolanes et des scories plus grossières,
- les deux coulées de vallées.

1°) Les laves cordées du "bouchon sommital"

L'augite peu abondante et l'olivine baignant dans un fond opaque où rien d'autre n'est déterminable.

Les bulles sont tapissées d'un verre jaunâtre au sein duquel quelques petites augites ont cristallisé.

---

(1) Il n'y a là rien d'étonnant et on peut supposer que, dès cette période, une divinité fluviatile, soit la Naria helvète ou, le Nerius gaulois a pu hanter ses sources et lui avoir donné son nom à l'instar du Nayrac de l'Aveyron et du Nérac du Lot-et-Garonne (cf. DAHOUY : L'Ardèche intime au fil de l'eau).

L'augite (généralement 0,1 sur 0,015 millimètre, exceptionnellement 0,17 sur 0,08 millimètre) est parfois zonée, parfois pseudo-maclée. Elle a des faces nettes et ne présente aucune altération ou fusion périphérique.

L'olivine, souvent automorphe, est presque toujours craquelée. Sa taille (de l'ordre de 0,9 sur 0,3 millimètre) est supérieure à celle de l'augite. Parfois elle est dispersée dans la matrice en éclats altérés aux angles vifs. Le mode d'altération s'apparente tantôt à l'iddingsitisation tantôt à une rubéfaction sans hydratation, accompagnée semble-t-il d'une démixion du fer qui se rassemble en facules amiboïdes opaques. Ces olivines présentent des teintes de "polarisation" aberrantes (1) orangées à vert-bronze.

On observe une altération comparable des olivines dans un nodule de péridotites provenant de la Vestide du Pal (Ves. 77 A) pour lesquelles l'analyse chimique globale et la détermination aux R.X. par la méthode de YODER et SAHAMA (1957) donnent le même résultat (FO = 92 %). Ceci nous conduit à proposer l'hypothèse d'une démixion du fer plutôt qu'une syncristallisation d'olivine et de magnétite voire même un apport tardif de fer. En première approximation cette lave holomélanocrate démunie de plagioclases peut être considérée comme une picrite.

---

(1) Il s'agit probablement d'un phénomène de dispersion provoqué par les facules d'oxydes opaques.

2°) Les laves en intercalations avec des scories

Le faciès macroscopique est celui d'un basalte. L'étude en lame mince montre :

- une texture légèrement fluidale,
- quelques plages de verre incolore à rosé,
- des augites bien développées (taille moyenne : 0,08 sur 0,25 millimètre);
- des olivines limpides ou faiblement altérées (1,05 sur 0,6 millimètre).

En résumé, cette lave holomélanocrate est comparable à la précédente.

3°) Les laves des deux coulées de vallées

a - La coulée de Neyrac (vallée de l'Ardèche)

Elle est constituée d'une lave sombre au sein de laquelle on distingue à l'oeil nu quelques phénocristaux d'olivine.

L'étude en lame mince montre :

- Des phénocristaux automorphes d'olivine limpide (1) (0,3 sur 0,15 à 1,0 sur 0,3 millimètre)
- De l'augite très abondante disposée en microlites allongés (0,24 sur 0,04 millimètre) et aussi en petits prismes trapus (0,03 sur 0,02 millimètre).

---

(1) Au fort grossissement on distingue parfois de petits spinelles bruns (0,005 sur 0,005 à 0,01 sur 0,01 millimètre) englobés dans ces olivines.

Ces cristaux sont parfois rassemblés en agglomérats ; parfois ils tapissent les olivines qu'ils isolent pratiquement du reste de la lave. Le fond de la lame, partiellement vitreux, est également riche en augites granulaires. La titanomagnétite (0,01 sur 0,01 à 0,025 sur 0,025 millimètre) est peu abondante.

b - La coulée de la vallée du Lignon

En lame mince on observe :

- quelques phénocristaux d'augites,
- de rares microlithes de plagioclases, le plus souvent xénomorphes et mal exprimés ;
- les autres éléments (olivines) et le fond sont tout à fait comparables à ceux observés dans le basalte de la coulée de Neyrac.

III - CHIMISME DES LAVES

(1)- Echantillon SO. 4 A. (lave cordée),
(2)- Echantillon SO. 203 (lave cordée),
(3)- Echantillon SO. 301 (coulée prismée du Lignon)

(a)- Chrome non compris. (b) Chrome inclus.

Analyses nouvelles R. DURET

Poids des oxydes

	(1)	(2)	(3)
SiO_2	41,22	40,24	39,52
Al_2O_3	13,09	18,06	19,16
Fe_2O_3	11,61	1,51	4,02
FeO	3,47	8,02	6,48
MnO	0,09	0,07	0,07
MgO	11,39	15,66	15,32
CaO	8,89	10,52	9,91
Na_2O	2,66	1,69	1,56
K_2O	1,16	0,68	0,76
P_2O_5	0,24	o,37	0,37
TiO_2	0,78	0,81	1,39
Cr_2O_3	1,48	1,56	0,25
H_2O^+	0,25	0,40	0,05
H_2O^-	1,72	0,58	0,68
CO_2	0,97	-	-
TOTAL	99,02	100,17	99,54

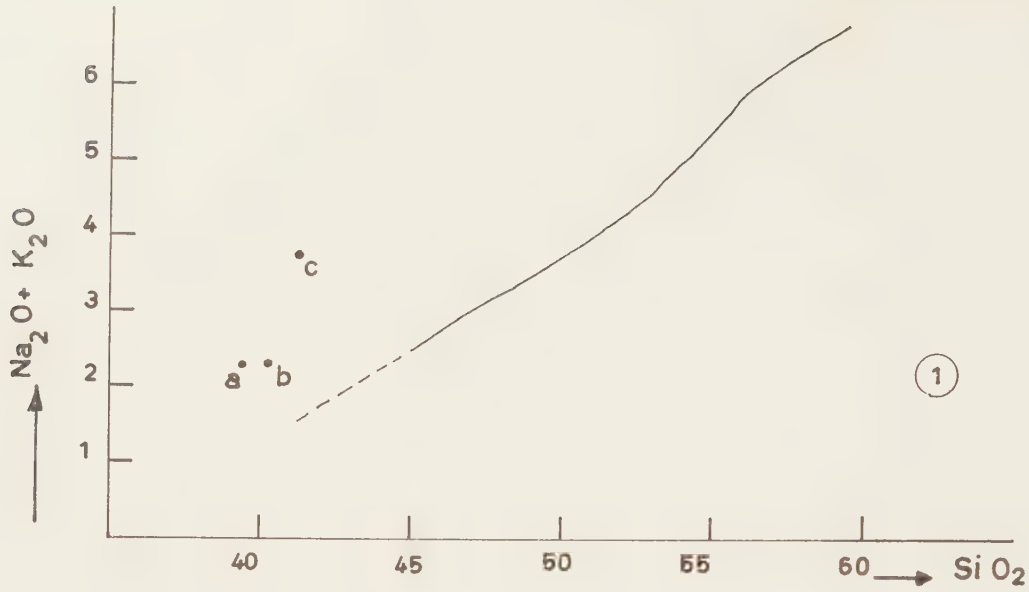
Pourcentages cationiques

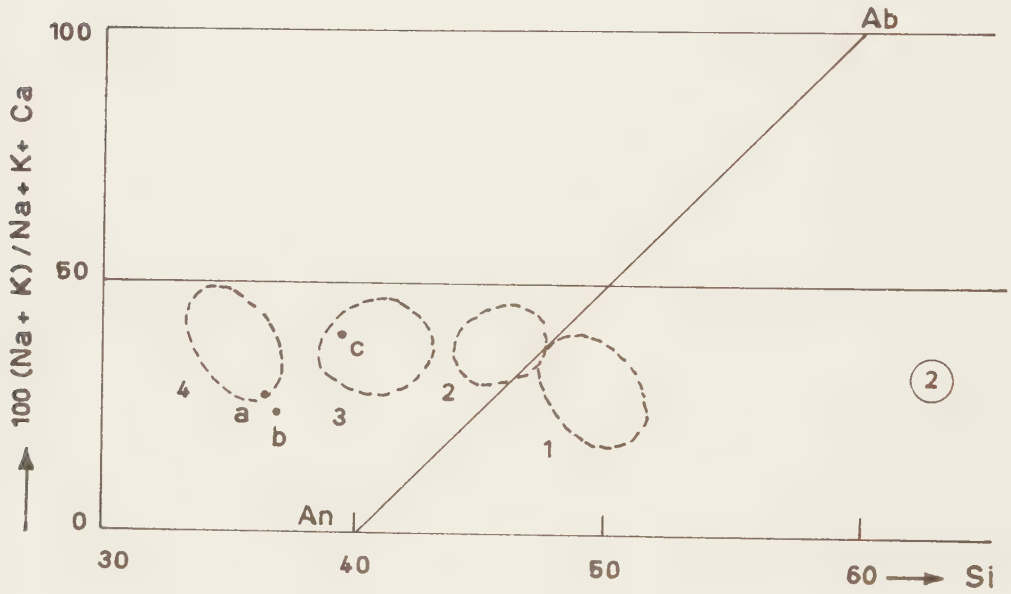
	(1a)	(1b)	(2a)	(2b)	(3a)	(3b)
Si	39,79	39,33	36,89	36,45	36,13	36,08
Al	14,89	14,69	19,51	19,24	20,64	20,59
Fe^{3+}	8,43	8,31	1,04	1,02	2,76	2,75
Fe^{2+}	2,80	2,76	6,15	6,05	4,95	4,92
Mn	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
Mg	16,38	16,30	21,39	21,28	20,86	20,85
Ca	9,19	9,09	10,33	10,21	9,70	9,69
Na	4,98	4,91	3,00	2,96	2,76	2,76
K	1,43	1,41	0,80	0,79	0,89	0,88
P	0,20	0,19	0,29	0,28	0,29	0,29
Ti	0,57	0,56	0,56	0,55	0,96	0,95
Cr	-	1,12	-	1,12	-	0,18
C	1,28	1,26	-	-	-	-
TOTAL	100,01	100,00	100,01	100,00	99,99	99,99
R	41,06		26,88		27,33	
S	22,30		20,94		24,28	
T	40,84		25,30		27,14	
θ	27,51		34,08		31,21	

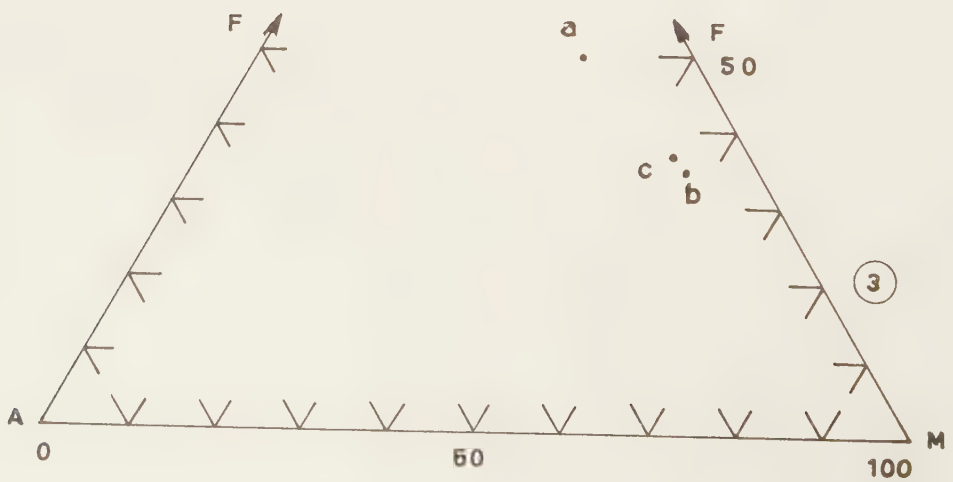
Norme C.I.P.W.

(1) - Echantillon SO. 4 A. (lave cordée)
(2) - Echantillon SO. 203 (lave cordée)
(3) - Echantillon SO. 301 (coulée prismée du Lignon)
(a) - Chrome non compris ; (b) - Chrome inclus.

		(1a)	(1b)	(2a)	(2b)	(3a)	(3b)
QZ		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OR		7,17	7,01	1,76	1,72	4,56	4,54
AB		20,91	20,46	0,00	0,00	2,07	2,06
AN		21,30	20,84	40,65	39,70	43,66	43,49
NE		1,42	1,39	7,93	7,75	6,13	6,11
LE		0,00	0,00	1,85	1,81	0,00	0,00
DI	Ca	7,01	6,85	4,31	4,21	1,57	1,56
	Mg	6,06	5,92	3,01	2,94	1,20	1,20
	Fe	0,00	0,00	0,95	0,93	0,20	0,20
OL	Mg	16,55	16,18	25,88	25,28	26,28	26,18
	Fe	0,00	0,00	8,98	8,77	4,87	4,85
MA		9,64	9,43	2,24	2,19	5,91	5,89
HE		5,49	5,37	0,00	0,00	0,00	0,00
ILM		1,55	1,52	1,58	1,54	2,68	2,67
AP		0,59	0,58	0,90	0,88	0,89	0,89
CA		2,31	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00
CR		-	2,18	-	2,29	-	0,36
TOTAL		100,00	99,99	100,04	100,01	100,02	100,00


$Na_2O + K_2O$
6
5
4
3
2
1
a
b
c
40
45
50
55
60
$Si\,O_2$
1


100 (Na + K) / Na + K + Ca
100
50
0
Ab
An
a
b
c
1
2
3
4
30
40
50
60
Si
2


F
A
M
0
50
100
a
F
50
c
b
3

LAVES DU VOLCAN DU SOUILLOL

(1) SOMME DES ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE.

Les points a, b, c (respectivement SO .301 ; SO. 203 et SO. 4a) sont tous situés dans le domaine des basaltes alcalins.

(2) DIAGRAMME R. Si

Les laves du volcan du Souillol sont comparées aux laves d'Hawaii Les domaines 1, 2, 3 et 4 (in YAMASAKI et BROUSSE, 1963, p. 204) sont respectivement ceux des basaltes tholeiitiques, des basaltes à olivine, des basanites à néphéline et des basanites à néphéline et mélilite. Les laves du Souillol se situent dans ces deux derniers domaines.

(3) DIAGRAMME A.F.M.

IV. LES ENCLAVES

Dans l'ensemble, les enclaves sont représentées par des fragments du socle migmatitique et par des nodules de péridotite.

1°) Les enclaves du socle

Ce sont les plus abondantes. On les rencontre en particulier au sein des scories. On peut les classer en deux groupes :

- Les unes de grande taille (quelques centimètres à quelques décimètres) et à angles vifs ne présentent aucune modification quant à leur structure ou leur composition minéralogique. La cordiérite en particulier est parfaitement conservée.

- Les autres de petite taille (quelques millimètres à un ou deux centimètres au plus) sont notablement altérées : les seuls cristaux conservés sont alors les quartz (très souvent) et les feldspaths (plus rarement). La cordiérite est toujours détruite en totalité.

2°) Les nodules de péridotite

Ils sont peu abondants et de faible taille dans ce volcan. J'ai particulièrement observé un fragment de 1,3 sur 2 centimètres d'un nodule à olivine (essentiellement), bronzite et diopside. La taille moyenne des grains est de 0,5 sur 1,2 millimètre. Ils sont tous allongés dans le même sens et donnent à la roche une texture légèrement orientée. En quelques points, au contact de la lame, l'enclave est fondue (ou altérée). On observe dans les zones fondues un spinelle brun-rouge se développant en plages xénomorphes. Il est lui-même altéré et on remarque sur ses bords un mince

liseré noir qui traduit un enrichissement en fer et titane accompagné d'un appauvrissement en Mg (voir Chap.XV).

Dans un autre échantillon le site des spinelles est indépendant des zones fondues. Le faciès est alors celui de la "picotite" des auteurs. Notons que le premier échantillon est prélevé dans une lave provenant du bouchon sommital alors que le second moins oxydé appartient à la coulée du Lignon.

CONCLUSION

Toutes les laves libérées par ce volcan strombolien sont homomélanocrates et contiennent très peu de plagioclases. Ce caractère particulier mérite d'être souligné dès maintenant. Je reviendrai sur ce point au Chapitre XVI.

-:-

CHAPITRE VII

-:-

LA COUPE DE JAUJAC(1)

-:-

INTRODUCTION

Le volcan dit "Coupe de Jaujac" est situé à quelques centaines de mètres au S-SE de Jaujac. Il repose directement sur les sédiments stéphaniens du Bassin Houiller de Prades-Jaujac. C'est en effet le seul volcan parmi ceux étudiés ici dont le substratum immédiat ne soit pas migmatitique.

I. DESCRIPTION

C'est indiscutablement l'un des volcans les plus réguliers de France, "le plus parfait même" (R. BROUSSE et E. BERGER 1967,p.3).

Hormis deux timides exploitations qui l'ont faiblement entamée, la coupe n'a pas changé depuis FAUJAS DE SAINT FOND qui la décrivait en ces termes (1778, p.310).

"Arrivé à Jaujac, on voit sur la gauche une belle montagne conique qui offre une ouverture sur sa sommité ; c'est un magnifique cratère d'où ont découlé toutes les laves qui ont formé cette suite de chaussées qui règnent tout le long de la rivière de Lignon...

---

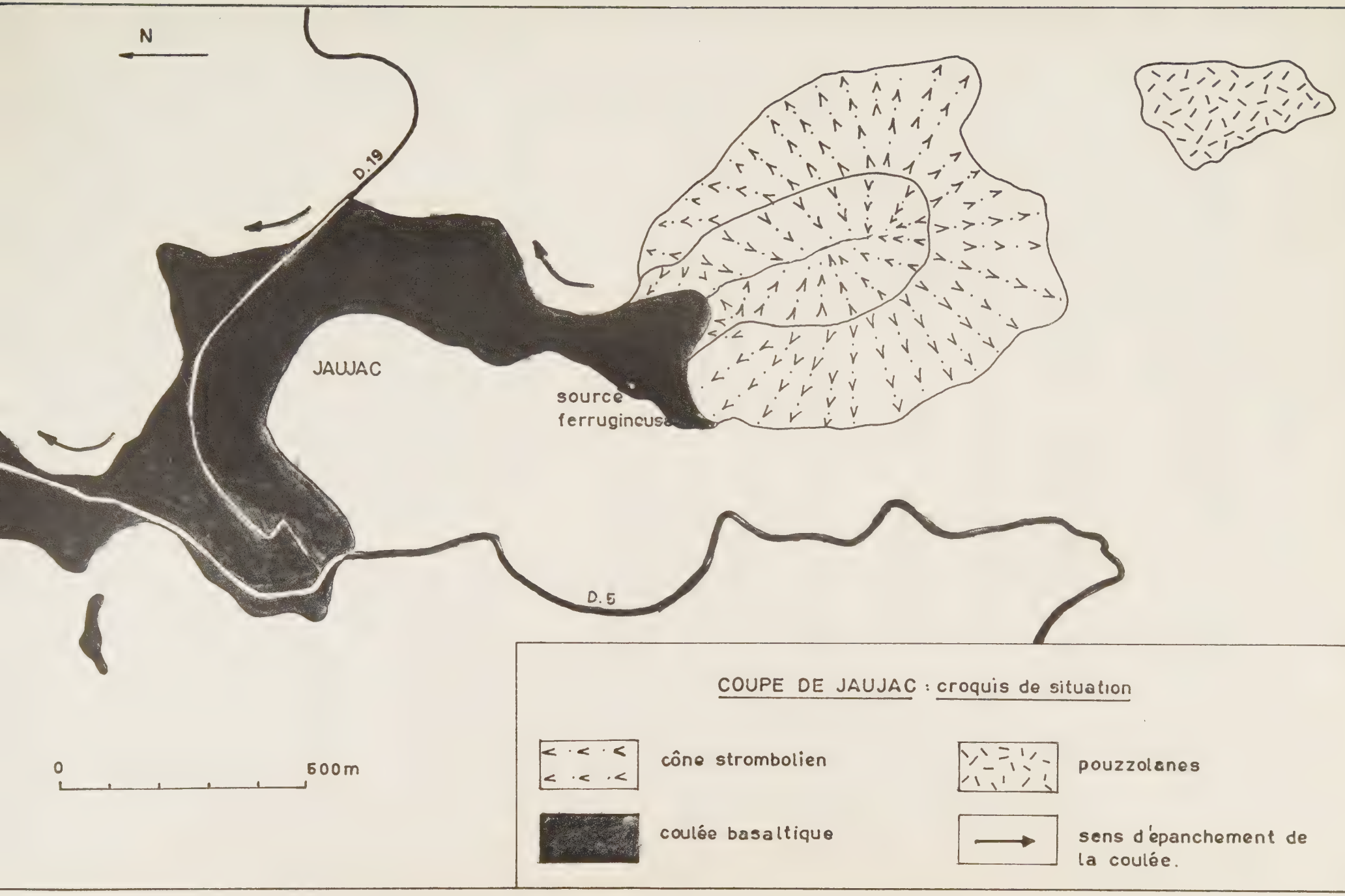
(1) La coupe de Jaujac de même que la coupe d'Aizac, de Pic de l'Etoile et le Neck de Crau n'a pas fait l'objet d'une étude détaillée.

On y voit ... une déchirure que les laves ont produit en s'écoulant de ce vaste creuset ... On ne peut entrer commodément dans ce cratère que par cette ouverture, les laves poreuses rouges et noires qui s'y sont entassées, empêchent qu'on puisse bien distinguer le ruisseau de lave qui descend par ondulation depuis la bouche du cratère, jusque dans le bas de la plaine où on le voit paraître, et on peut le suivre de distance en distance jusqu'au bord du Lignon, rivière qui coule au pied de Jaujac où sont d'immenses chaussées de basalte, les plus élevées de tout le Vivarais ..."

Le volcan essentiellement fait de cendres et de scories à la manière des cônes stromboliens a fonctionné aussi à la manière des volcans hawaïens. En effet, le cratère central a été durant certaines périodes, le réceptacle d'un lac de laves. Il reste en effet dans les parois internes du cratère et à différentes hauteurs, des traces des rives figées de ce lac de basalte fondu ainsi que nous l'avions déjà signalé (R. BROUSSE et E. BERGER 1967, p.3).

Le volcan a émis une seule coulée de faible longueur (3,5 kilomètres) mais très puissante (50 mètres d'épaisseur).

Le fait que cette coulée soit à la fois de faible longueur et très puissante semble a priori en contradiction avec l'extrême fluidité des laves épanchées dans la région. En réalité, la contradiction n'est qu'apparente. En effet, la coulée du Souillol était déjà en place et consolidée lorsque fut émise la coulée de Jaujac ; cette dernière s'est donc arrêtée contre l'obstacle rencontré à l'aval et accumulée sur une forte épaisseur, comme derrière un barrage.


N
D.19
JAUJAC
source ferrugineuse
D.5
0
500m
COUPE DE JAUJAC : croquis de situation
cône strombolien
pouzzolanes
coulée basaltique
sens d'épanchement de la coulée.

Le cône est fait tantôt de basalte scoriacé, tantôt de pouzzolanes, tantôt de petites coulées scoriacées. Le tout alterne irrégulièrement.

On rencontre également de nombreuses bombes. Elles sont de deux types :

- Les petites bombes (quelques centimètres à un décimètre) sont fuselées.
- Les grosses bombes prennent le plus souvent un faciès en croûte de pain.

Près du cratère leur taille peut atteindre soixante à quatre-vingt centimètres, quelquefois un mètre. Presque toutes ces bombes possèdent un coeur généralement fait d'un fragment de migmatite ou de péridotite, parfois de basalte. Quelquefois elles s'organisent autour d'un fragment arraché au substratum stéphanien : il s'agit alors de grès ou de pélites plus ou moins porcelanisées.

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES LAVES

Les produits émis par le volcan de Jaujac n'ont pas fait l'objet ici d'une étude pétrographique systématique. Nous nous bornerons à décrire succinctement :

- La pouzzolane.
- Le basalte scoriacé rencontré dans les flancs de la coupe.
- Le basalte de la coulée.

VII.5

A - La pouzzolane

1°) Description

Elle se présente ici en fragments de quelques millimètres à plusieurs centimètres d'une lave scoriacée, alvéolaire, très légère (densité voisine de 0,7), de couleur brune à noire.

2°) Etude en lames minces

2a - La texture est alvéolaire ; on observe deux familles de bulles :

- de grosses bulles ellipsoïdales de 1,00 millimètre à 1,2 millimètre sur 0,20 à 0,30 millimètre ;
- des petites bulles sub-sphériques de 0,02 à 0,05 millimètre .

2b - Les phénocristaux

Ils sont uniquement représentés par des olivines le plus souvent automorphes. Certaines sont partiellement fondues (1). Un phénocristal en particulier (échantillon J.C.-I.A) montre des facules fondues de 0,02 à 0,03 sur 0,01 à 0,02 millimètre.

2c - Les microcristaux

Ce sont :

- des baguettes d'augites
- quelques olivines granulaires
- de très rares grains de titamomagnétites

---

(1) Certaines olivines semblent avoir "repoussé" après la phase de fusion. Des bourgeons épitaxiques automorphes croissent alors sur le squelette préexistant (lame mince, J.C. 316).

2d - Un verre généralement très sombre, parfois brun jaunâtre constitue le fond.

B - Le basalte scoriacé

1°) Description

Ce basalte, à texture alvéolaire est roux en patine. Les alvéoles sont généralement allongées. Elles atteignent exceptionnellement cinq ou six millimètres selon leur plus grande dimension; la plupart étant millimétriques ou inframillimétriques.

En cassure la roche est gris sombre. La paroi interne des alvéoles est parfois brun roux.

2°) Etude en lames minces

Les bulles ne sont pas anastomosées ; tout au plus observe-t-on parfois de petites bulles satellites dont les cavités communiquent avec une plus grosse bulle.

La roche présente un faciès à deux temps de cristallisation et un fond vitreux.

2a - Les phénocristaux

- Ce sont essentiellement des olivines automorphes dont la dimension maximum excède rarement 0,5 millimètre.

- Quelques augites appartiennent également à cette phase de cristallisation. Elles sont généralement zonées et présentent la structure en sablier.

2b - Les microcristaux

- Ce sont :

- Des augites abondantes en prismes trapus (0,040 à 0,060 sur 0,015 à 0,020 millimètre).

- Des olivines généralement granulaires (0,030 millimètre).

- De rares plagioclases (0,035 sur 0,005 millimètre).

- Des titanomagnétites en grains extrêmement petits (0.005 sur 0,005 millimètre).

2c - Un verre brun constitue le fond de la lame mince.

C - Le basalte de la coulée

1°) Description

La patine est grise à roussâtre. On remarque quelques rares bulles (un à cinq millimètres sur 0,5 à 1 millimètre) allongées parallèlement les unes aux autres (1).

2°) Etude en lames minces

2a - Les phénocristaux

- Les olivines atteignent un millimètre, elles représentent la quasi totalité des phénocristaux.

- Quelques rares augites (Taille moyenne 0,9 sur 0,4 millimètre) se rencontrent également. L'une d'elles (2,4 sur 1,2 millimètre) présente un coeur à faciès nuageux entouré d'une mince couronne (0,03 à 0,06 millimètre) parfaitement cristallisée.

---

(1) Sur le terrain on observe que cet allongement est grossièrement parallèle aux épontes.

2b - Les microcristaux

- L'augite est abondante.

- L'olivine est présente sous la forme de petits prismes trapus.

- La titanomagnétite (0,005 à 0,010 millimètre) est abondante.

- Quelques plagioclases (0,025 sur 0,005 millimètre) complètent la phase microcristalline.

2c - Un verre brun constitue le fond de la lame mince.

III. LES ENCLAVES

Les enclaves rencontrées dans les trois types de basaltes distingués, ne sont pas rigoureusement les mêmes. Elles sont cependant décrites ici dans un seul paragraphe ; aussi leur appartenance précise sera-t-elle indiquée à l'occasion de leur description.

1°) Enclaves homoeogènes et nodules de péridotite

1a - Agglomérats

Ils sont nombreux dans le basalte de la coulée. Leur texture s'ordonne en gros en deux types principaux :

- Agglomérats sub-sphériques

Le coeur peut présenter deux aspects :

- le plus souvent il est fait d'un amas (0,30 à 0,40 millimètre) de grains d'olivine (0,04 à 0,06 millimètre). Autour de cet amas s'ordonne une couronne (0,1 millimètre) de microlites d'augites (0,060 sur 0,025 millimètre).

- Parfois il est constitué d'un unique phénocristal d'olivine. La couronne augitique présente alors deux sous-couches; la première comprend une seule rangée de microlites accolés sur les faces du phénocristal d'olivine, la seconde est constituée de microlites disposés de façon quelconque.

- Agglomérats allongés

Il s'agit en fait d'une variante du type précédent. Les augites s'agglomèrent autour d'un phénocristal d'olivine en forme de baguette. La dimension globale atteint 1,5 à 2 millimètres sur 0,25 à 0,30 millimètre.

En conclusion ces agglomérats s'organisent toujours autour d'un coeur d'olivine. Ils se distinguent des cumulats par l'absence de spinelles et de plagioclases. Nous discuterons au chapitre les enseignements que leur paragenèse permet de dégager.

1b - Péridotites

Elles sont représentées dans les trois types de laves distinguées. Elles sont peu abondantes et toujours de petite taille (un à deux centimètres au maximum). Leurs minéraux, lorsqu'ils sont isolés dans le basalte, présentent les différentes réactions décrites au chapitre XII.

2°) Enclaves enallogènes

2a - Enclaves du socle migmatitique

Elles sont surtout abondantes et de grande taille (quelques centimètres à un décimètre) dans les scories de la coupe.

En lame mince elles ne présentent pas de modifications notables.

Dans le basalte de la coulée elles sont rares et de petite taille, souvent réduites à des cristaux isolés de feldspaths ou de quartz. Ces derniers présentent presque toujours l'habituelle couronne réactionnelle. Parfois ils sont totalement digérés et des pseudo-agglomérats d'augites s'y substituent.

2b - Enclaves de stéphanien

Ce sont des grès et des pélites. Ces dernières sont parfois porcelanisées. Les quartz ne semblent pas présenter d'auréoles de réaction au contact du basalte.

CONCLUSION

La coupe de Jaujac est un volcan strombolien ayant momentanément fonctionné à la manière d'un volcan hawaïen. Sa structure extrêmement simple (un cratère unique et une seule coulée) en fait un appareil susceptible d'être pris comme modèle sur le plan morphologique.

Sa position particulière s'explique par l'existence d'un grand accident W-E qui jalonne le bord méridional du bassin houiller stéphanien de Prades-Jaujac.

Nous verrons enfin (chap.XI) qu'il représente probablement le dernier événement éruptif de la région.

CHAPITRE VIII

-:-

LE VOLCAN STROMBOLIEN DU PIC DE L'ETOILE

-:-

INTRODUCTION

1°) Situation géographique

Le Pic de l'Etoile culmine à 1319 mètres, 3,5 kilomètres au Nord de la Bastide-de-Juvinas. Il domine les vallées de la Bézorgues à l'Ouest et de la Volane à l'Est.

2°) Etudes antérieures

GIRAUD-SOULAVIE (1780, p.437-438) suggère qu'il s'agit d'un volcan égueulé "d'où s'écoulèrent les laves ferrugineuses qui règnent dans la rivière de La Bastide".

FORBES (1850) décrit également ce volcan qu'il croit découvrir soixante dix ans plus tard.

BOULE (1906, p.64) pense que "les produits de projection paraissent avoir été dispersés par une violente explosion".

BOZON (1963, p.619) considère que ce volcan appartient au type égueulé.

VIII.2

I. DESCRIPTION

1°) La coupe

Ayant grossièrement la forme d'un demi-cercle ouvert en direction du Sud, elle s'étend sur 650 mètres d'Est en Ouest et sur 350 mètres du Nord au Sud.

Elle est constituée d'une alternance, mal discernable, de projections et de petites coulées basaltiques. Une route, actuellement en construction, autorisera sans doute de meilleures observations à l'avenir, car son tracé recoupe les formations volcaniques.

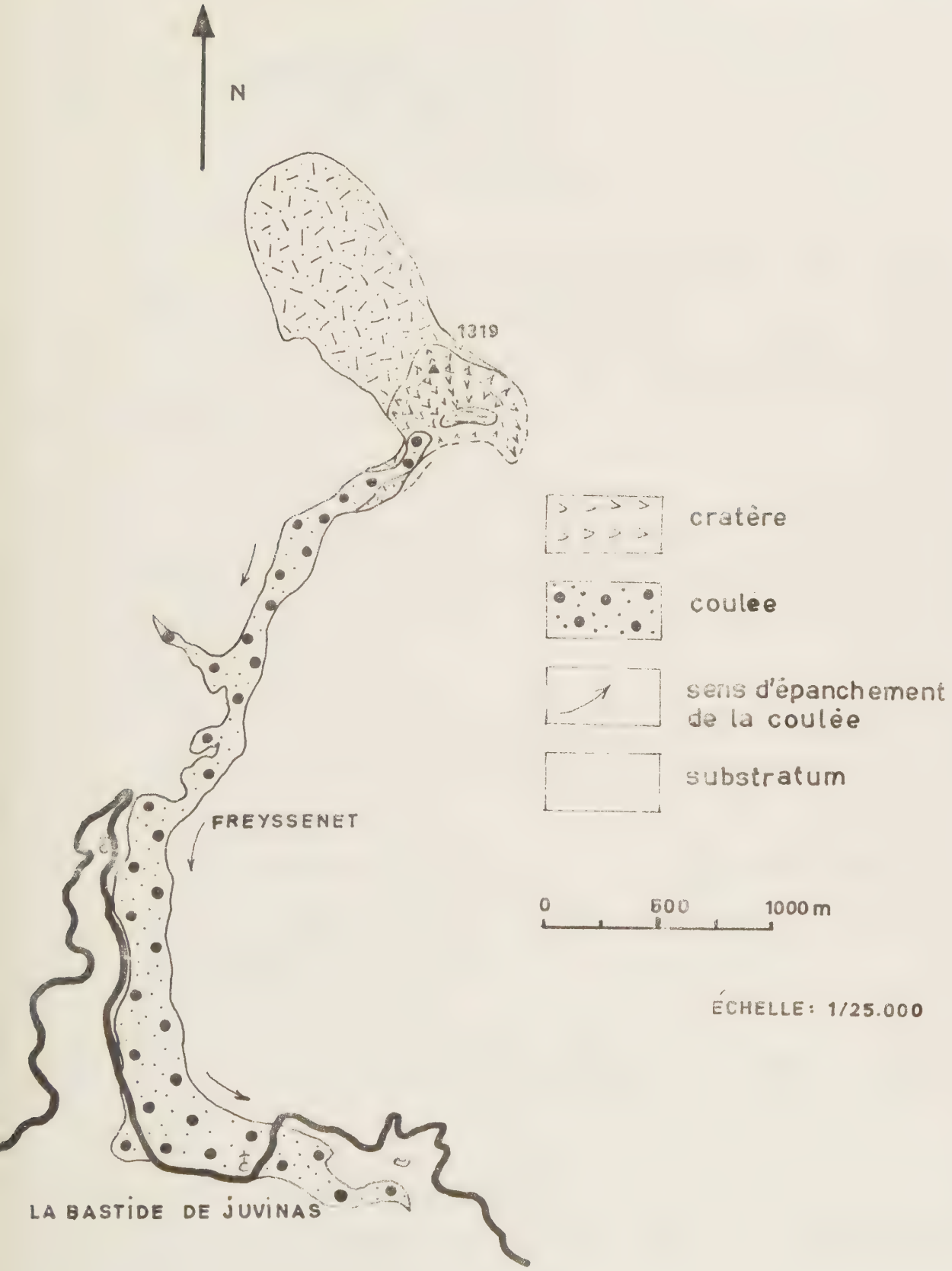
Je rappellerai pour mémoire l'existence, au Nord de la coupe, d'une puissante masse de pouzzolanes dont la mise en place est probablement antérieure au volcanisme étudié dans ce mémoire.

2°) La coulée

Sa longueur est voisine de 4,5 kilomètres ; sa puissance atteint parfois une trentaine de mètres (près de Labastide-de-Juvinas). Elle repose tantôt directement sur le socle, tantôt sur des dépôts qui pourraient être les restes d'une ancienne coulée de solifluxion (à l'amont de Freyssenet).

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DES BASALTES

Le basalte est gris roux en patine, gris sombre à noir en cassure. On remarque de nombreuses enclaves (fragments du socle, nodules de péridotites, amphiboles).



LE VOLCAN ET LA COULÉE DU PIC DE L'ÉTOILE

VIII.5

Etude en lames minces

a. Etude qualitative

. Les phénocristaux

Ce sont :

de grandes olivines (3 millimètres sur 2 millimètres) idiomorphes, mais à faciès squelettique,

des augites banales et des salites coaxiales sur des xénocristaux de bronzites

. Les microcristaux

Les augites (0,025 sur 0,010 à 0,050 sur 0,030 millimètre) en constituent la majeure partie. Elles sont zonées, la structure en sablier y est fréquente et elles présentent parfois des macles polysynthétiques.

Les olivines (0,005 sur 0,005 à 0,050 sur 0,025 millimètre) sont souvent limpides, quelquefois iddingsitisées. Les plus grandes sont automorphes.

Les plagioclases (An 50) ne sont généralement pas orientés.

La titanomagnétite, finement cristallisée, est régulièrement répartie dans la lave.

. Le verre

Il est rosé et tapisse localement les espaces intercristallins.

b. Analyses modales

Elles mettent en évidence la proportion relativement élevée des enclaves.

VIII.6

J'ai distingué les augites banales et les salites coaxiales sur des bronzites. De même les olivines granulaires, en couronne sur des bronzites, sont distinguées des microcristaux d'olivine disséminés dans la mésostase.

Echantillon	JUV. 1		JUV.5	
Points comptés	1056		1060	
Xéno. quartz	4		4	
Xéno. feldspath	-		3	
Xéno. olivine	47		97	
Xéno. diopside	3		-	
Xéno. bronzite	2		-	
Xéno. spinelle	-		2	
<u>Composition modale</u>				
Phénocristaux d'olivine	2,2		5,0	
Microcristaux d'olivine	7,6	10,0	7,2	12,4
Microcristaux d'olivine en couronnes	0,2		0,2	
Phénocristaux d'augite	2,0		-	
Phénocristaux de salite	5,8	54,5	0,2	50,3
Microcristaux d'augite	46,7		50,1	
Magnétite	10,8		11,6	
Minéraux à tendance felsitique	6,8		2,6	
Plagioclase	16,3		16,7	
Verre	1,6		6,4	
TOTAL	100,0		100,0	
PER	15,5		19,8	
COL	83,7		83,3	
HYAL	1,6		6,4	

III. CHIMISME DES BASALTES

Echantillon JUV. 1 B. - Analyse nouvelle R. DURET

Poids des oxydes		Pourcentages cationiques	(1)	(2)	Norme C.I.P.W.		(1)	(2)
SiO_2	43,18	Si	40,45	40,09	QZ		0,00	0,00
Al_2O_3	14,16	Al	15,63	15,46	OR		10,26	10,09
Fe_2O_3	1,25	Fe^{3+}	0,88	0,87	AB		8,23	8,09
FeO	9,84	Fe^{2+}	7,71	7,61	AN		17,68	17,39
MnO	0,08	Mn	0,06	0,06	NE		13,52	13,30
MgO	13,07	Mg	18,24	1 8,20	DI	Ca	7,35	7,23
CaO	7,17	Ca	7,19	7,13		Mg	4,68	4,60
Na_2O	3,75	Na	6,81	6,74		Fe	2,19	2,15
K_2O	1,66	K	1,98	1,97		Mg	20,57	20,23
					OL			
P_2O_5	0,28	P	0,22	0,22		Fe	10,63	10,45
TiO_2	1,17	Ti	0,82	0,81	CR		0,00	1,64
Cr_2O_3	1,14	Cr	0,00	0,84	MA		1,90	1,87
H_2O^+	2,74	TOTAL	99,99	100,00	ILM		2,32	2,28
H_2O^-	0,38				AP		0,69	0,68
TOTAL	99,87				TOTAL		100,02	100,00

R = 54,94

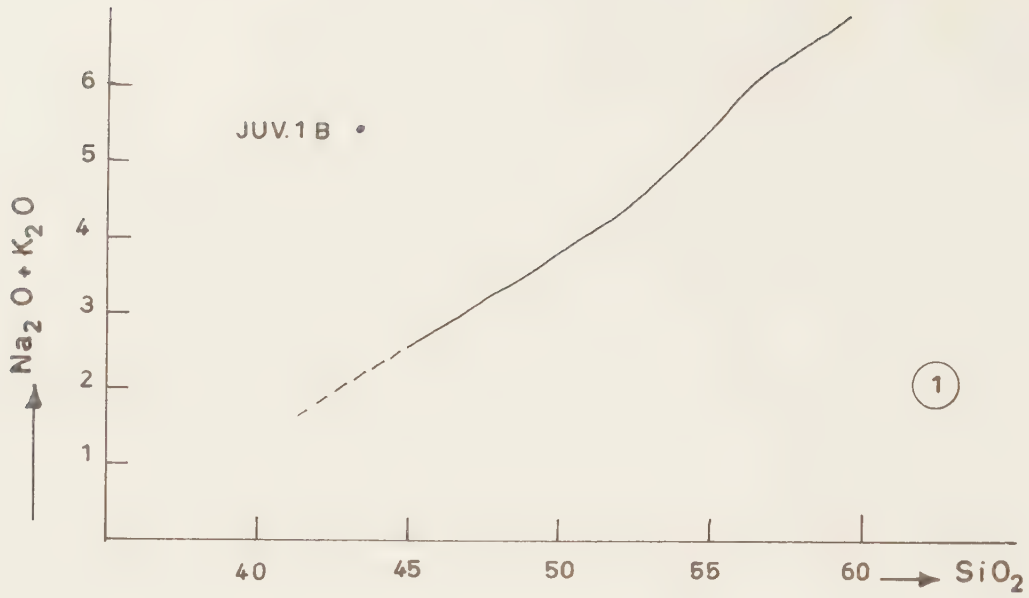
S = 22,57

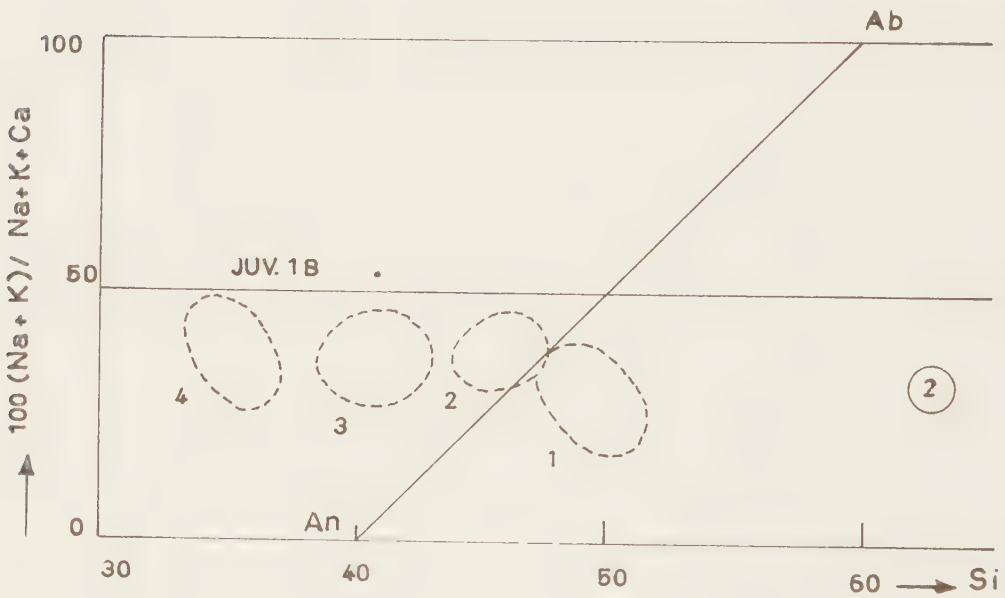
T = 31,75

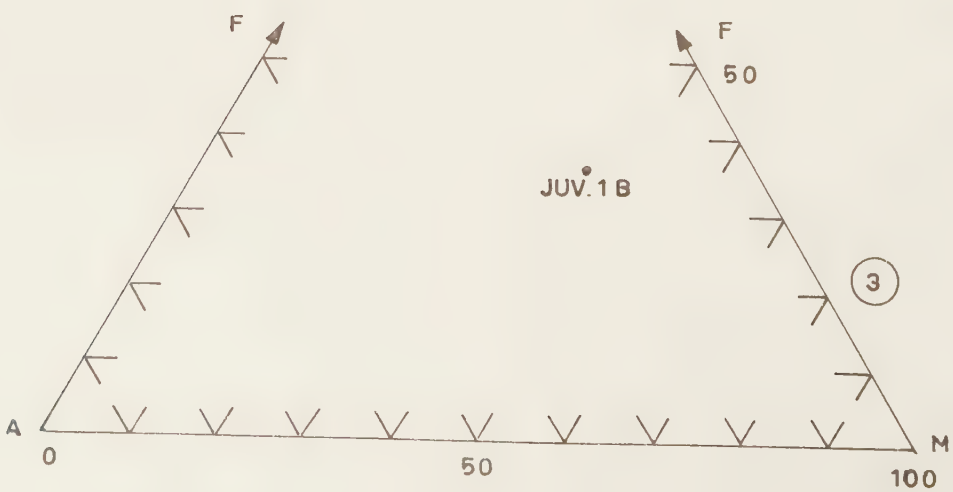
Θ = 16,75

(1) - Chrome non compris

(2) - Chrome inclus.


JUV. 1 B
$Na_2O + K_2O$
6
5
4
3
2
1
40
45
50
55
60
SiO_2
1


Ab
100
50
0
JUV. 1 B
100 (Na + K)/ Na + K + Ca
4
3
2
1
2
An
30
40
50
60
Si


F
F
50
JUV. 1 B
3
A
0
50
M
100

LAVES DU PIC DE L'ETOILE

(1) SOMME DES ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE DES LAVES DU PIC DE L'ETOILE.

Le point JUV. 1 B se situe très à l'intérieur du domaine des basaltes alcalins.

(2) DIAGRAMME R Si

Les basanitoïdes du Pic de l'Etoile (point JUV. 1 B) sont comparées aux basaltes primaires d' Hawaii. On voit que la teneur en silicium les situe dans le domaine des basaltes à olivine mais que la richesse en alcalins est plus élevée.

1 basalte tholéiitique (in BROUSSE et YAMASKI, 1963)

2 basalte à olivine (" " " ")

3 basanite à néphéline (" " " ")

4 basanite à néphéline et mélilite (" " " ")

(3) DIAGRAMME A.F.M DES LAVES DU PIC DE L'ÉTOILE

La présence de néphéline virtuelle rapproche cette lave des basanites néphéliniques décrites par J.P. ILDEFONSE (1970, p.111). Du point de vue nomenclature il s'agit de basanitoïdes (absence de feldspathoïdes exprimés et néphéline virtuelle dans la norme).

IV. LES ENCLAVES

Ce sont des blocs de socle, des nodules de péridotite et des amphiboles.

1°) Les enclaves de socle

Elles sont parfois de grande taille et peuvent excéder un à deux décimètres dans leur plus grande dimension. Elles sont fréquemment arrondies, mais les blocs brisés ne sont pas rares. Leur variété souligne l'hétérogénéité du socle anatexique traversé par le magma. On rencontre des gneiss, des micaschistes, des amphibolites, des nébulites variées et aussi des vaugnérites.

2°) Les nodules de péridotites

Ils sont abondants et présentent la particularité de contenir d'abondantes pargasites. Leur étude est effectuée au chapitre XII consacré aux enclaves ultrabasiques.

3°) Les ferropargasites

Elles se présentent en monocristaux de grande taille (un à dix centimètres). Elles sont étudiées au chapitre XIII consacré aux enclaves homoeogènes.

VIII.10

CONCLUSION

1°) La dynamique du volcanisme

Le volcan du Pic de l'Etoile semble pouvoir être apparenté aux coupes de Jaujac, d'Aizac, etc.. et peut être considéré comme un appareil de type strombolien.

2°) Nature des produits émis

L'originalité des produits émis se manifeste tant au niveau des laves (basanitoïdes) qu'au niveau des enclaves (péridotites riches en pargasites et cristaux homoeogènes de ferropargasites).

-:-

CHAPITRE IX

-:-

LA COUPE D'AIZAC

-:-

La coupe d'Aizac est située sur le territoire de la commune d'Aizac, à 1600 mètres à l'W.S.W. d'Entraigues.

I. DESCRIPTION

1°) La coupe

Pour BURAT (1833, p.24) elle présente "un des plus beaux cratères basaltiques que l'on puisse citer". Il s'agit effectivement d'un volcan de forme schématique, parfait même, de 500 mètres de diamètre. Cette coupe est essentiellement faite de scories. Sa crête culmine à 808 mètres. D'une façon générale sa morphologie rappelle celle de la coupe de Jaujac et comme à Jaujac le volcan est égueulé.

L'égueulement situé du côté N.N.W. du cône, à la cote 690 mètres, a laissé le passage à une unique coulée basaltique.

2°) La coulée basaltique

La coulée, après avoir heurté le socle, à l'aplomb de la coupe, a suivi vers l'Est et pendant 1500 mètres le cours du ruisseau de Fuels. Parvenue à la lattitude de Chastagnier elle a rencontré le talweg de la Volane. A cet endroit la vallée est fortement en-

caissée et comporte un véritable étranglement. La coulée a alors d'une part reflué sur 800 mètres dans le lit de la Volane (jusqu'à l'éperon du Bouchet), d'autre part comblé les lits de la Bise et du Mas. Le trop plein ensuite a suivi vers le Sud le cours de la Volane. On en retrouve les derniers restes à Pont de Bridou à l'entrée Nord de Vals-les-Bains.

La coulée d'Aizac a un profil en long particulièrement disséqué et la côte actuelle du talweg est fréquemment 20 à 30 mètres au-dessous des lambeaux basaltiques conservés. Cette érosion importante conduit à penser que cette coulée est plus ancienne que celles des autres volcans décrits dans ce mémoire (à l'exception peut-être de la haute coulée du Ray Pic). Nous reviendrons sur ce point au chapitre XI consacré à la chronologie relative des coulées.

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DU BASALTE

Le basalte de la coulée d'Aizac est gris-roux à gris sombre en patine, noirâtre en cassure. Il est parsemé de vacuoles allongées (0,5 sur 1 à 2 sur 7 millimètres).

Etude en lame mince

Le basalte est très finement cristallisé, il présente même parfois une certaine tendance felsitique. Les échantillons prélevés dans la coulée montrent une texture légèrement fluidale.

- Les phénocristaux

Ce sont essentiellement des olivines (0,5 sur 0,7 millimètre), parfois des augites qui sont alors pseudo-maclés en sablier.

IX.4

- Les microcristaux

On rencontre :

- des augites (0,04 millimètre)
- des olivines granulaires (0,02 millimètre)
- de la titanomagnétite abondante et finement cristallisée
- de rares plagioclases intercalés entre les cristaux d'augite et d'olivine.

III. CHIMISME

Echantillon AIZAC.1.S.(1), Analyse R. DURET

Poids des Oxydes		Pourcentages cationiques			Norme C.I.P.W.		
		(a)	(b)			(a)	(b)
SiO_2	40,85	Si	37,42	37,31	QZ	0,00	0,00
Al_2O_3	13,50	Al	14,57	14,52	OR	0,00	0,00
Fe_2O_3	4,36	Fe^{3+}	3,00	2,99	AB	0,00	0,00
FeO	7,96	Fe^{2+}	6,10	6,06	AN	15,42	15,36
MnO	0,07	Mn	0,05	0,06	NE	18,06	17,99
MgO	12,20	Mg	16,65	16,72	LE	6,78	6,75
CaO	13,21	Ca	12,96	12,94	Ca	12,73	12,68
Na_2O	3,88	Na	6,89	6,86	DI Mg	8,81	8,78
K_2O	1,44	K	1,68	1,68	Fe	2,89	2,88
P_2O_5	0,23	P	0,18	0,18	AK	5,93	5,91
TiO_2	0,72	Ti	0,50	0,49	Mg	15,46	15,40
Cr_2O_3	0,25	Cr	-	0,18	OL F Fe	5,58	5,56
H_2O^+	0,80	TOTAL	100,00	99,99	MA	6,42	6,40
H_2O^-	0,42				ILM	1,39	1,38
TOTAL	99,89				CR	-	0,36
					AP	0,55	0,55
					TOTAL	100,02	100,00

$$R = \frac{K+Na}{K+Na+Ca} = 39,80$$

$$S = \frac{K}{K + Na} = 19,63$$

$$T = \frac{Fe^{2+}+Fe^{3+}}{Fe^{2}+Fe^{3+}+ Mg} = 35,48$$

Θ = 13,21

(a)- Chrome non compris

(b)- Chrome inclus

(1) Echantillon prélevé dans les basaltes de la Coupe.

(1) - "Echantillon" VALS.L.B., an. Raoult (JEREMINE, 1927)

(2) - "Echantillon" VALS 71.2., an. Soras.

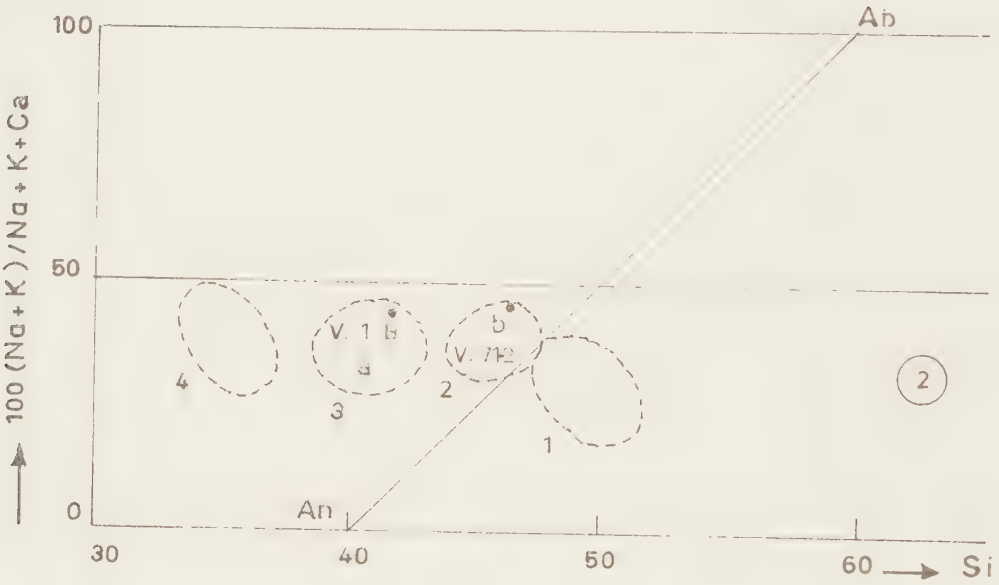
	Poids des oxydes			Pourcentages cationiques				Normes C.I.P.W.	
	(1)	(2)		(1)	(2)			(1)	(2)
SiO_2	44,34	45,60	Si	40,67	42,39	QZ		00,00	00,00
Al_2O_3	13,17	13,88	Al	14,23	15,20	OR		11,53	11,04
Fe_2O_3	3,99	2,84	Fe^{3+}	2,75	1,99	AB		05,71	15,82
FeO	6,90	7,74	Fe^{2+}	5,29	6,02	AN		13,59	17,00
MnO	0,08	0,181	Mn	0,06	0,14	NE		14,05	07,72
MgO	10,87	10,07	Mg	14,85	13,94	LE		00,00	00,00
CaO	11,12	9,48	Ca	10,92	9,44		Ca	15,54	10,58
Na_2O	3,72	3,50	Na	6,61	6,30	DI	Mg	11,71	07,34
K_2O	1,94	1,84	K	2,27	2,18		Fe	02,26	02,36
P_2O_5	0,71	0,825	P	0,55	0,65	AK		00,00	00,00
TiO_2	2,60	2,50	Ti	1,79	1,75	OL	Mg	10,87	12,70
Cr_2O_3	p.d.	p.d.	Cr	-	-		Fe	02,31	04,51
H_2O^+	0,39	0,01	TOTAL	99,99	100,00	MA		05,82	04,82
H_2O^-	0,27	0,20				ILM		04,97	04,82
TOTAL	100,10	98,666				AP		01,69	01,97
						TOTAL		100,05	100,04

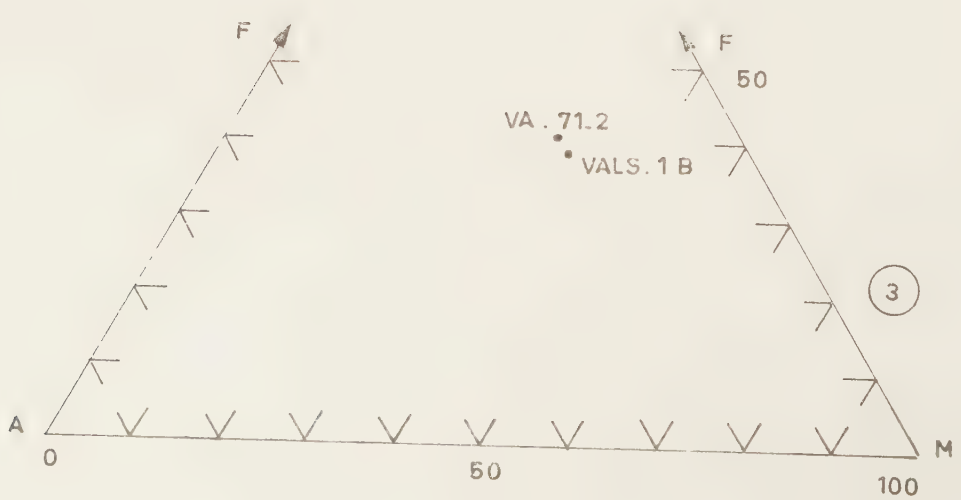
R =	44,84	47,34
S =	25,55	25,71
T =	35,31	36,87
Θ =	15,02	19,37

(1) - Echantillon prélevé à l'amont d'Antraigues.

(2) - Echantillon prélevé à l'aval d'Antraigues.

VALS. 1 B
VALS. 71.2
$Na_2O + K_2O$
6
5
4
3
2
1
40
45
50
55
60
$Si\ O_2$
1


100
50
0
Ab
An
100 (Na+K)/Na+K+Ca
V. 1 b
a
V. 71.2
b
4
3
2
1
30
40
50
60
Si
2


F
A
M
0
50
100
VA. 71.2
VALS. 1 B
3

LAVES DE LA COUPE D'AIZAC

(1) SOMME DES ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE

Les échantillons VALS – 1B (a) et VALS. 71–2 (b) se situent largement à l'intérieur du domaine alcalin.

(2) DIAGRAMME R.Si

1, 2, 3, 4 sont respectivement les basaltes tholeiitiques, les basaltes à olivine, les basanites à néphéline et les basanites à néphéline et mélilite d'Hawaii (in YAMASAKI et BROUSSE, 1963).

Les laves de la coupe d'Aizac se situent à l'intérieur des domaines des basaltes à olivine (V. 71. 2) et des basanites à néphéline (V. 1. B).

(3) DIAGRAMME A.F.M.

IV. LES ENCLAVES (1)

Elles sont rares et de petite taille.

1°) Les enclaves homoeogènes

Elles se réduisent à quelques agglomérats d'augite.

2°) Les enclaves enallogènes

Ce sont de rares quartz et quelques pseudo-agglomérats.

CONCLUSION

Le volcan d'Aizac est comparable par sa forme au volcan de Jaujac auquel il est probablement antérieur.

-:-

---

(1) Il faut signaler l'absence de péridotites; fait particulièrement rare dans le volcanisme étudié ici.

CHAPITRE X

-:-

LE NECK DE CRAU

-:-

I. DESCRIPTION

Le hameau de Crau est situé à quelques centaines de mètres au Sud-Est d'Entraigues. D'emblée on y remarque l'appareil volcanique sub-circulaire (200 mètres sur 300 mètres situé à côté du château en ruine.

Jusqu'à ce jour cet appareil volcanique était considéré comme un volcan apparenté au type hawaïen. P. BOZON (1963, p.617) remarque qu'il est "étroitement accolé à la montagne" et il conclut: "Ce volcan au toit plat a pu avoir un cône de scories, aujourd'hui totalement disparu, mais il peut aussi bien n'en avoir jamais eu et être ainsi un cratère de type hawaïen".

Qu'en est-il exactement ? Le problème se poserait dans les termes proposés dans la mesure où Crau aurait émis une coulée. En fait la lave du "volcan de Crau" est un diverticule de la coulée d'Aizac qui, bloquée à la sortie d'Entraigues, a reflué vers l'amont et comblé les vallées de la Bise et du Mas. Aucune coulée ne prend donc naissance à Crau. De ce fait une autre interprétation, vérifiée sur le terrain, s'impose : Le "volcan de Crau" est un neck légèrement elliptique dont on s'explique alors très bien

qu'il soit "étroitement accolé à la montagne". Cette observation doit toutefois être nuancée. En effet ce neck est fortement démantelé et en partie enterré sous ses propres éboulis. Ainsi ne peut-on guère observer qu'à l'amont le contact franc avec le socle (cf. schéma). Toute la partie du neck qui regarde la vallée du Mas est cachée sous un épais manteau de blocs basaltiques trapus, le plus souvent de quelques centimètres à quelques décimètres de côté et parfois métriques.

II. ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA LAVE

La roche constituant ce neck est un basalte mal prismé, gris clair en cassure à patine grise. Il est riche en enclaves péridotiques dont la taille n'excède pas quelques centimètres, tantôt trapues et angulaires (un à quelques centimètres de côté), tantôt allongées et arrondies. On reconnaît également des phénocristaux (millimétriques) et des macrocristaux d'augite (pouvant atteindre quelques centimètres). Enfin des cristaux millimétriques d'olivine fortement altérés donnent à la roche une pigmentation roussâtre.

Etude en lames minces

- Les phénocristaux et les macrocristaux

. Les augites sont parfois sub-automorphes. Elles sont toujours zonées ; de plus le coeur partiellement fondu est entouré d'une couronne intacte à bords nets. Il semble donc qu'après une période de cristallisation intratellurique ces augites ont été l'objet d'un début de fusion (réchauffement du magma ?) suivie d'une nouvelle phase de cristallisation.

. Les cristaux millimétriques d'olivine, parfois automorphes, sont le plus souvent fragmentés, parfois éclatés. Ils présentent très souvent "l'extinction roulante" caractéristique des olivines provenant d'enclaves ultrabasiques (voir page).

- Les microcristaux

. Les plagioclases (0,60 sur 0,06 à 0,12 sur 0,01 millimètres) sont bien cristallisés. Ils présentent systématiquement la macle de l'albite, rarement celle de Carlsbad. Il s'agit de labrador An 65.

. Les olivines sont le plus souvent automorphes, parfois granulaires. Elles sont serpentinisées lorsqu'elles sont altérées.

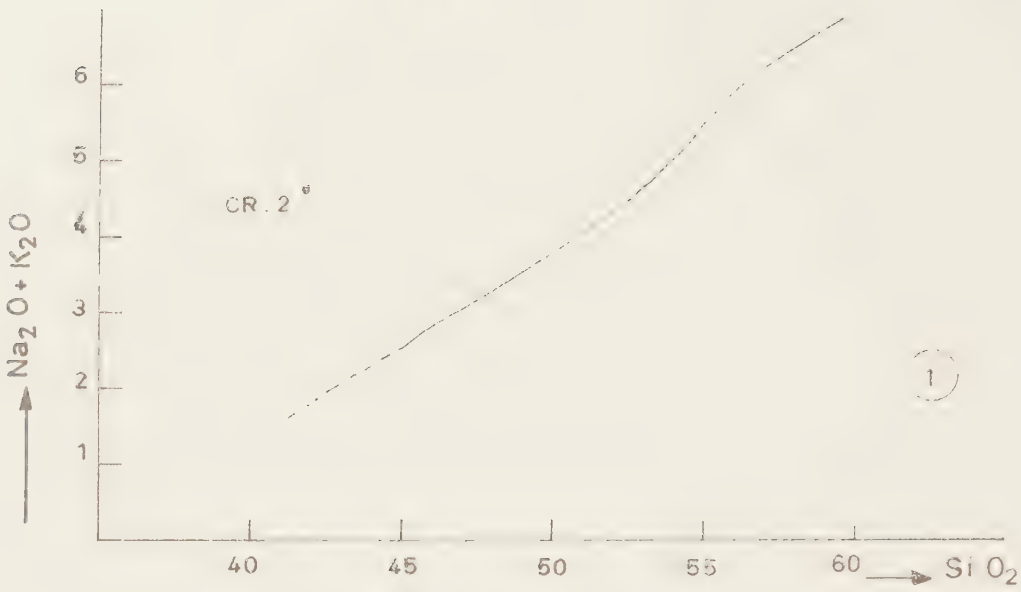
. L'augite présente parfois la structure "en sablier".

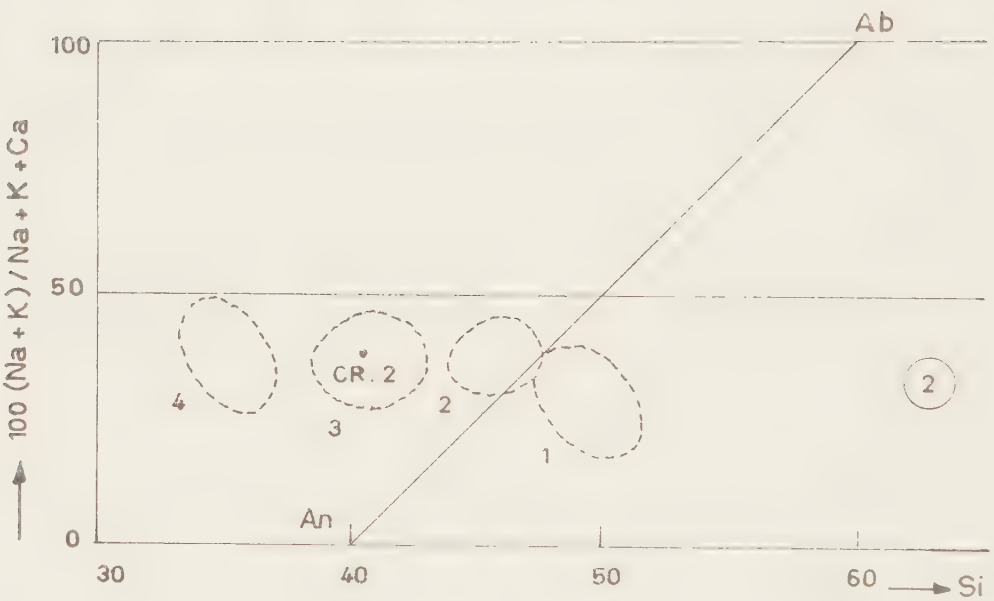
. La titanomagnétite (0,01 à 0,03 millimètres) doit être distinguée des spinelles. Ces derniers sont faciles à reconnaître lorsqu'ils présentent une auréole de réaction au contact du basalte (voir chap.XV).

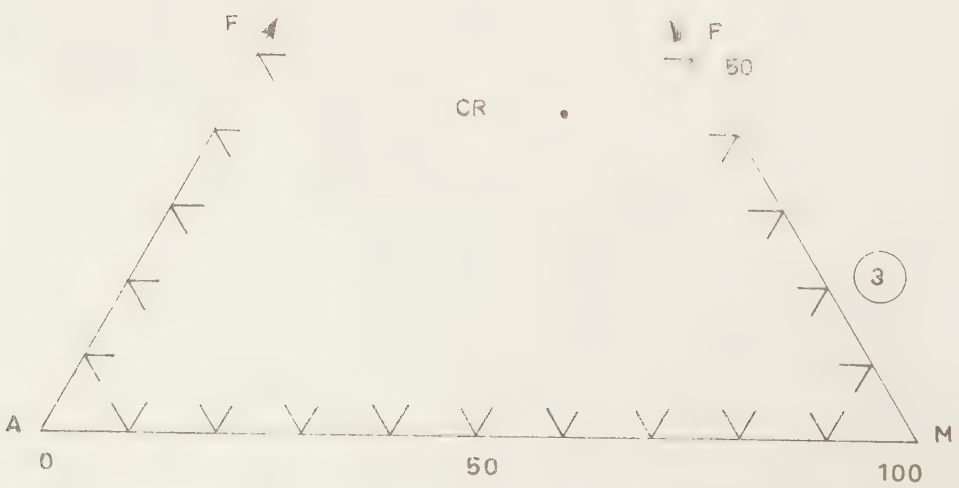
- Le verre

Un verre de couleur rosée constitue parfois le fond de la lame. Il présente de remarquables figures de dévitrification et ne peut de ce fait être confondu avec de l'analsine.

X – Ea


6
5
4
3
2
1
CR. 2
$Na_2O + K_2O$
40
45
50
55
60
SiO_2
1


100
50
0
Ab
An
CR. 2
4
3
2
1
100 (Na + K) / Na + K + Ca
30
40
50
60
Si
2


F
F
50
CR
A
M
0
50
100
3

LAVES DU NECK DE CRAU

(1) SOMME DES ALCALINS EN FONCTION DE LA SILICE

L'échantillon CR.2 se situe très à l'intérieur du domaine des basaltes alcalins.

(2) DIAGRAMME R_Si

1, 2, 3, 4 sont respectivement les basaltes tholéiitiques, les basaltes à olivine, les basanites à néphéline et mélilite d'Hawaii (in YAMASAKI et BROUSSE, 1963). La lave du neck de CRAU se situe dans le domaine des basanites à néphéline.

(3) DIAGRAMME A.F.M

III. CHIMISME

Echantillon CRAU.2., Analyse nouvelle R. DURET

Poids des oxydes		Pourcentages cationiques			Normes C.I.P.W.			
			(1)	(2)			(1)	(2)
SiO_2	41,78	Si	40,63	40,38	QZ		0,00	0,00
Al_2O_3	11,73	Al	13,44	13,34	OR		9,75	9,63
Fe_2O_3	2,93	Fe^{3+}	2,14	2,12	AB		6,21	6,13
FeO	7,91	Fe^{2+}	6,43	6,37	AN		14,51	14,34
MnO	0,07	Mn	0,06	0,06	NE		11,42	11,28
MgO	10,23	Mg	14,82	14,79		Ca	16,33	16,13
CaO	11,44	Ca	11,92	11,85	DI	Mg	11,54	11,40
Na_2O	3,06	Na	5,75	5,70		Fe	3,38	3,34
K_2O	1,56	K	1,93	1,92		Mg	10,80	10,67
P_2O_5	0,93	P	0,77	0,76	OL	Fe	3,49	3,45
TiO_2	2,89	Ti	2,11	2,09	MA		4,49	4,44
Cr_2O_3	0,76	Cr	-	0,58	ILM		5,81	5,74
H_2O^+	3,00	TOTAL	100,00	100,00	CR		-	1,15
H_2O^-	0,82				AP		2,33	2,30
Total	99,10				TOTAL		100,06	100,00

R = 39,14
S = 25,19
T = 36,39
Θ = 23,27

(1) - Chrome non compris

(2) - Chrome inclus.

IV. LES ENCLAVES

Nous distinguerons des péridotites et des enclaves homoeogènes d'une part et des enclaves enallogènes d'autre part.

1°) Les nodules de péridotites et les enclaves homoeogènes

1a - Les péridotites sont citées ici pour mémoire et seront décrites dans le chapitre consacré aux enclaves ultrabasiques.

1b - Les enclaves homoeogènes sont soit des mégacristaux d'augite isolés, soit des agglomérats (1,8 x 0,75 millimètre) d'augites disposées de façon quelconque.

2°) Les enclaves enallogènes

Elles sont toujours de petite taille et souvent monocristallines. On rencontre des quartz entourés de l'auréole de réaction généralement décrite par les auteurs. Le plus souvent ces quartz sont totalement détruits (fusion ou digestion par le magma basaltique ?). A leur emplacement on observe alors des cristaux d'augite automorphe groupés, baignant dans un verre qui présente parfois des figures de dévitrification.

- Des feldspaths s'observent également. Ils sont maclés albite et plus ou moins fondus.

CONCLUSION

Par sa situation géographique le neck de Crau semble se rattacher aux événements volcaniques récents que nous étudions ici.

Son chimisme et sa nature pétrographique comme la présence d'enclaves péridotiques confirment cette manière de voir.

Il est par ailleurs peu probable que ce neck ait alimenté une coulée de plateau aujourd'hui disparue. En effet, il occupe une position topographiquement élevée et de plus aucun vestige ne subsiste de cette éventuelle coulée. Enfin, la prismation est vaguement verticale. Elle ne correspond donc pas à celle que l'on observe d'une façon générale dans les dykes d'alimentation des coulées pour lesquels la prismation est le plus souvent voisine de l'horizontale.

-:-

CHAPITRE XI

-:-

DYNAMISME ET AGE DES APPAREILS ETUDIES

-:-

I - Dynamisme

La plupart de ces appareils ont fonctionné à la manière de volcans stromboliens durant la totalité ou au moins la dernière partie de leur existence.

Le Suc de Bauzon (Nord-Ouest de Montpezat) qui est en fait chronologiquement le dernier d'une série de quatre appareils (chap.II), la Coupe de Jaujac (chap.VII), le Pic de l'Etoile (Sommet de la Sapède, près de Labastide de Juvinas) (chap.VIII) et la Coupe d'Aizac (Nord d'Antraigues) (chap.IX) sont exclusivement stromboliens. Tous quatre ont été tardivement égueulés par une coulée de basalte de vallée.

Les autres appareils, bien que rattachés au type strombolien, montrent cependant quelques particularités notables.

A la Gravenne de Thueyts (chap.V) la partie interne du cône est constituée quasi exclusivement de pouzzolanes.

Au volcan du Souillol (Sud de Neyrac) (chap.VI) se rencontrent des laves cordées et de véritables cheveux de Pélé, fait exceptionnel en France.

Le caractère strombolien est moins accusé à la Gravenne de

Montpezat (chap.IV) où une coulée de lave précède la mise en place du cône, qui n'a fonctionné que tout à fait tardivement à la manière des volcans stromboliens.

Au volcan du Ray Pic (Nord de Burzet) (chap.III) une période vulcanienne précède la période strombolienne.

Le caractère vulcanien domine à la Vestide du Pal (Nord-Ouest de Montpezat) (chap.I) qui est une caldeira d'explosion où, après une phase d'effondrement, se sont mis en place cinq cônes tardifs.

Un neck enfin, jusqu'alors considéré comme un volcan hawaïen s'est mis en place précocement à Crau.

II - Age du volcanisme étudié

1. Données radiométriques

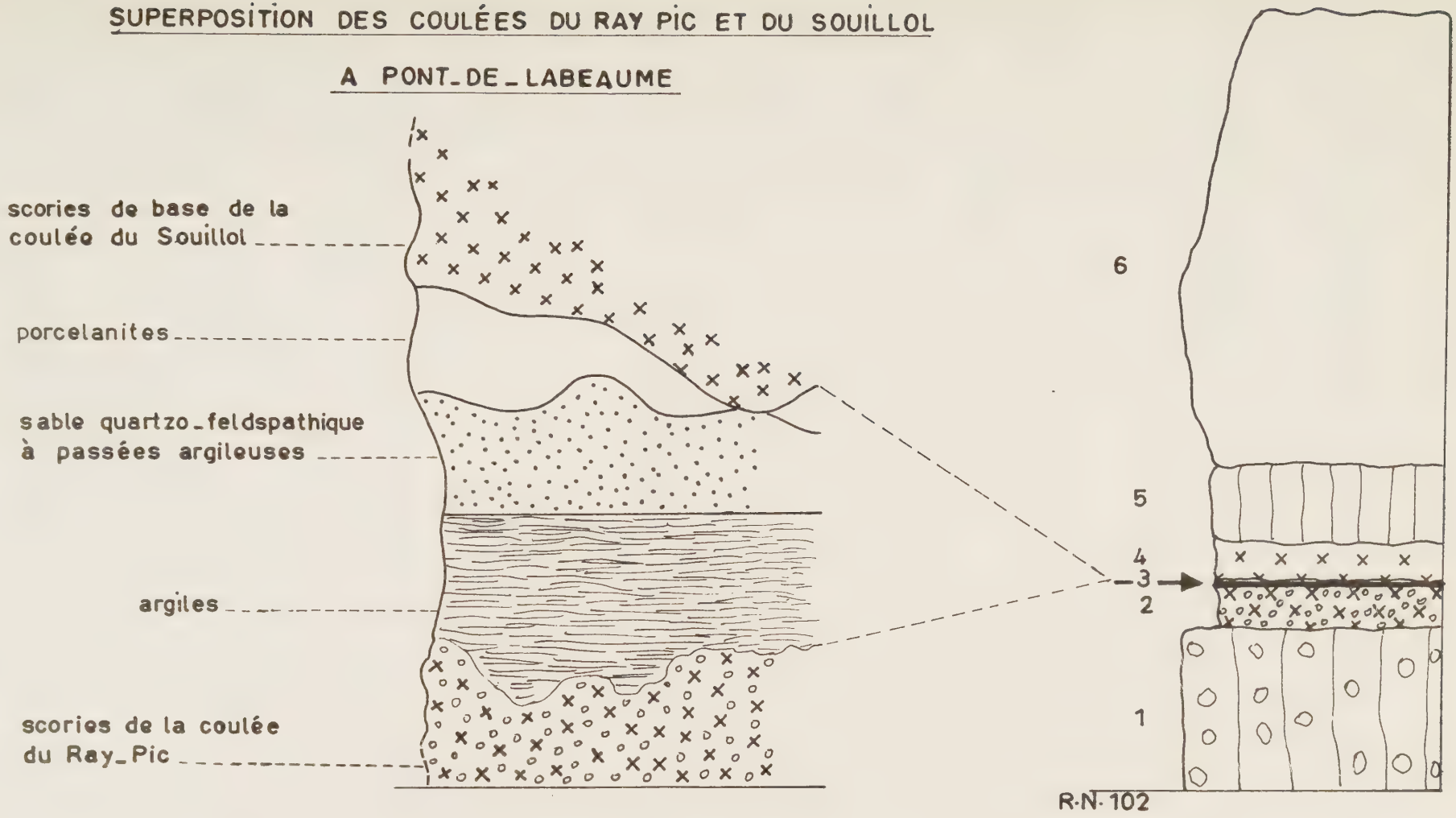
Je dispose de trois datations radiométriques, effectuées sur débris de bois, par la méthode du ^{14}C. La première datation concerne le cône du Souillol, la seconde la coulée du Ray Pic et la troisième celle du Souillol (voir figures). Les âges obtenus sont respectivement : plus de 35 000 ans, plus de 25 000 ans et 11 770 ans $\pm$ 270 ans (BERGER et al., 1973). Comme le montre la figure jointe, la datation effectuée à Pont-de-Labeaume est particulièrement intéressante puisqu'elle est effectuée sur des bois prélevés entre la coulée du Ray Pic et celle du Souillol qui la surmonte.

2. Données du paléomagnétisme

Le paléomagnétisme des laves a été étudié en collaboration avec N. BONHOMMET à qui je dois les résultats présentés ici. Les

SUPERPOSITION DES COULÉES DU RAY PIC ET DU SOUILLOL

A PONT-DE-LABEAUME



coulée du Ray Pic (à nodules de péridotites)

alluvions interbasaltiques

vraie colonnade

scories du toit de la coulée du Ray Pic

scories de base de la coulée de Souillol

fausse colonnade

pages suivantes correspondent à un projet de note en commun aux C.R.Ac.Sc.

MAGNETISME TERRESTRE - Mise en évidence de deux phases éruptives dans le volcanisme récent de l'Ardèche par l'étude de l'aimantation des laves.

Note de MM. Norbert BONHOMMET et E. BERGER présentée par M.E. THELLIER.

Résumé : Une étude portant sur 18 sites, représentant un échantillonnage des coulées récentes de l'Ardèche, donne une distribution des directions d'aimantation se faisant suivant deux groupes distincts. On interprète les deux directions moyennes correspondantes comme représentatives de celles du champ terrestre lors de deux épisodes éruptifs volcaniques, rapides, mais séparés dans le temps.

L'étude de la variation séculaire du champ terrestre faite au travers des laves qui en ont fossilisé la direction à l'époque de leur refroidissement, permet de donner quelques indications précieuses pour le géologue quant à l'historique des venues éruptives sur une région donnée. Encore faut-il avoir pris soin de procéder au "nettoyage" des directions mesurées (désaimantation par champ alternatif (4), sur des échantillons assez nombreux, largement répartis sur la coulée, afin d'être assuré d'avoir, de celle-ci, une direction moyenne de l'aimantation, représentative de celle du champ ancien, et obtenir cette direction avec assez de

précision pour que l'on puisse retrouver sur l'ensemble des coulées la variation paléoséculaire du champ.

Nous présentons ici l'exemple de l'Ardèche, siège d'un volcanisme récent (1) contemporain du volcanisme qui s'est manifesté dans la chaîne des Puys entre 35 000 et 3 500 ans (2).

Les formations étudiées, comme le montre la figure 1 où sont portés les divers endroits de prélèvement (site B1 à B14 et PR1 à PR3) sont largement éparpillées géographiquement. Au Pont de la Beaume (site B7) en effet, nous avons effectué des prélèvements dans 2 coulées superposées, qui se distinguent aisément sur le terrain. Nous reviendrons sur l'intérêt que présente cette chronologie. Nous avons porté également sur cette figure, avec l'annotation de l'écrit original (3) les 5 sites qui avaient fait précédemment l'objet de prélèvements paléomagnétiques, les premiers à notre connaissance dans cette région (sites F29 à F""). Leur trop petit nombre ne permet pas cependant une étude magnétique spécifique du volcanisme de la haute Ardèche.

La technique de prélèvement utilisée est double ; c'est-à-dire que nous prenons en un même endroit à la fois des échantillons au marteau (méthode du chapeau de plâtre) et des cylindres obtenus par forage. Nous donnerons ici principalement les résultats des mesures se rapportant à ces derniers specimens. Environ 120 échantillons orientés ont ainsi été prélevés en 18 sites distincts (fig.1). En un seul site (PR2), nous n'avons pu obtenir de résultats cohérents ; l'aimantation rémanente supérieure à 20.10-3u.e.m/g est vraisemblablement due à un effet de courant de foudre ; les

résultats correspondants, sans intérêt, ne sont pas reproduits ici. Ceux donnant la direction de l'aimantation rémanente naturelle (A.R.N.) des échantillons cylindriques appartenant aux autres sites (une soixantaine environ) sont portés sur la figure 2a. La dispersion est grande ; on ne peut rien dire d'un pareil désordre, si ce n'est remarquer que les aimantations sont de sens normal, conforme au sens actuel du champ terrestre. La technique de désaimantation par champ alternatif appliquée alors à ces mêmes échantillons donne le résultat assez imprévu de la figure 2b. Nous avons utilisé un champ de 280 Oe, la désaimantation étant répétée pour diverses positions de l'échantillon. Les aimantations parasites, cause de la dispersion observée sur la figure 2a, sont donc effacées, pour la plupart, montrant que leur spectre est concentré dans la région des champs coercitifs bas (inférieurs à 280 Oe). Il est peu fréquent d'observer une telle efficacité de la désaimantation, du moins à partir d'un ensemble ayant une A.R.N. aussi dispersée. Après désaimantation en effet tous les échantillons se rangent soit dans l'un soit dans l'autre groupement de la figure 2b, et cela sans ambiguité possible.

Les résultats portant sur les moyennes par site, après désaimantation, sont notés dans le tableau joint ainsi que sur la figure 2c. La statistique et les notations utilisées sont celles de FISHER (5). Nous avons complété par l'étude de "cubes" celle des sites peu ou pas représentés par des spécimens cylindriques (sauf en PR3 dont nous réservons les échantillons cubiques pour des études ultérieures). Dans ce tableau nous avons rassemblé les

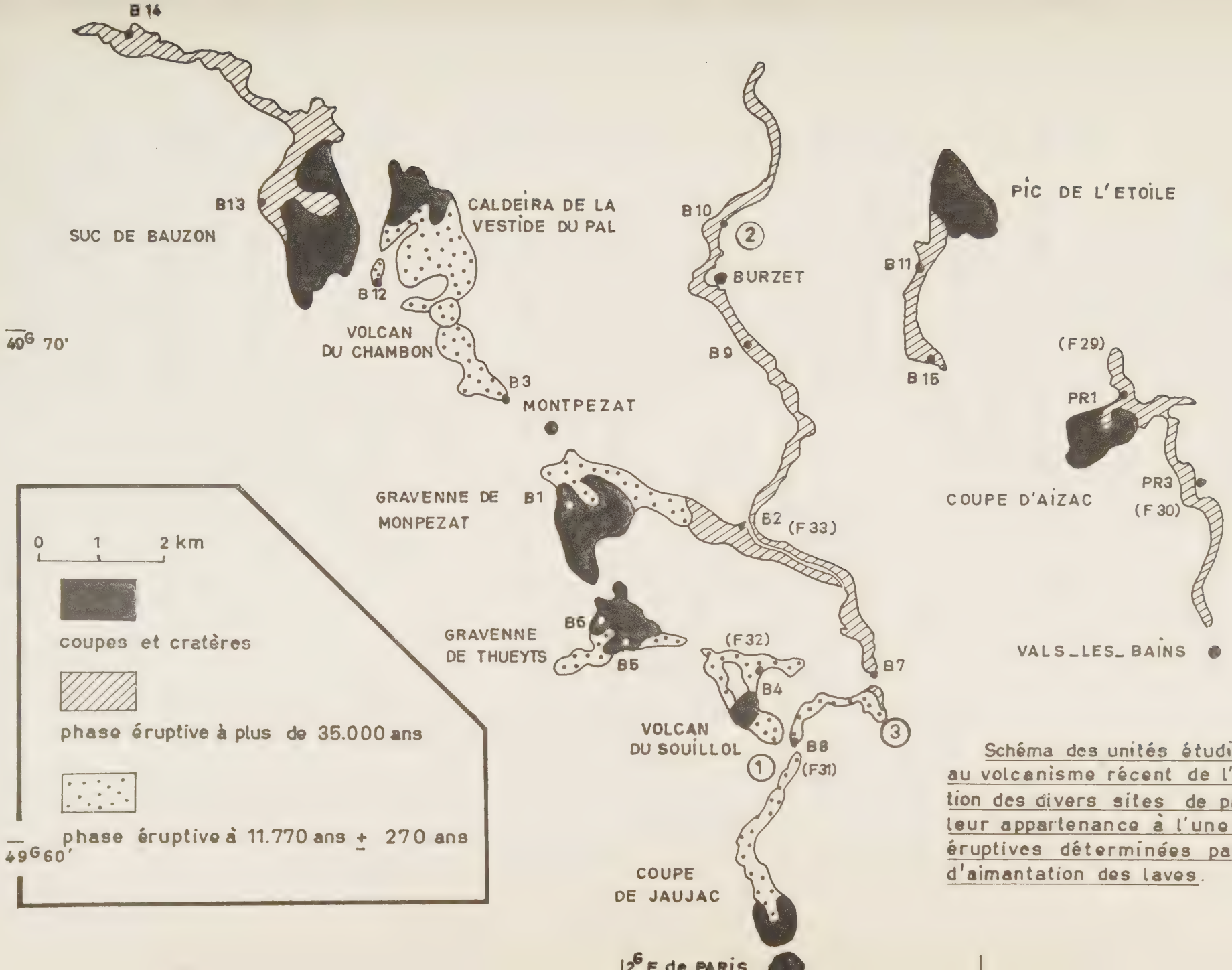


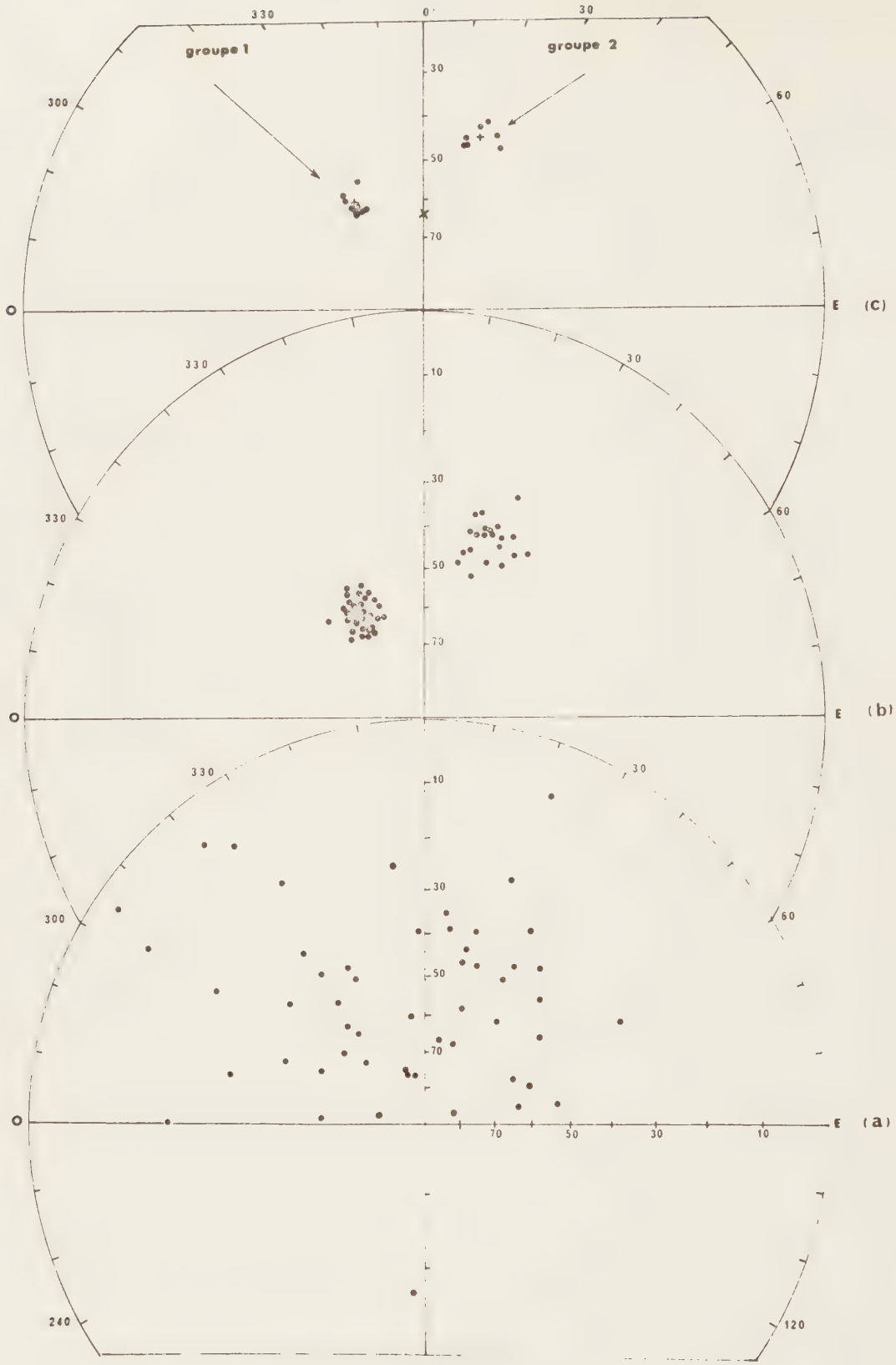
Schéma des unités étudiées appartenant au volcanisme récent de l'Ardèche. Situation des divers sites de prélèvements, et leur appartenance à l'une des 2 phases éruptives déterminées par la direction d'aimantation des laves.

sites appartenant à un même "groupe magnétique" ; groupe 1 à déclinaison Ouest, groupe 2 à déclinaison Est.

Les résultats illustrés par la figure 2c, montrent clairement l'existence d'au moins deux épisodes éruptifs dans le volcanisme étudié ici. Nous pensons même, qu'il y a eu deux épisodes seulement et vraisemblablement assez courts.

L'inclinaison moyenne pour le groupe 2 (I = 41.7) située en dehors de l'intervalle connu pour la période historique (8), est une valeur peu commune et a donc de ce fait peu de chances d'avoir été enregistrée plusieurs fois, à des instants différents, espacés dans le temps ; en d'autres termes, le groupe 2 dans son ensemble représenterait une phase éruptive. L'appartenance à ce groupe de la coulée du Souillol située au-dessus de celle du Ray Pic (site B7) qui appartient au groupe 1, indique qu'il s'agit de la dernière phase éruptive, la plus récente donc de ce volcanisme, le groupe 1 à déclinaison Ouest représentant alors la première phase. Nous ne pouvons rien dire par contre de l'intervalle de temps séparant ces 2 événements.

Les valeurs du paramètre de précision k nous donnent une mesure inverse de la dispersion angulaire du champ (variation paléoséculaire). Ces valeurs (respectivement 780 et 356) sont élevées, et ne peuvent s'interpréter que comme correspondant à des intervalles de temps très brefs. Un ordre de grandeur de k nous est en effet donné pour la période de Brunhes et pour le Massif Central dans un travail récent déjà cité (3) ; cette valeur atteint



Directions de l'aimantation rémanente des laves de l Ardèche. Projection stéréographique. Les fig. a et b se rapportent aux échantillons obtenus par forage. Fig. a: A.R.N. Fig. b: Direction de l'aimantation de ces mêmes échantillons après nettoyage à 280 Oe. Fig. c: Direction moyenne de chaque site. Les 2 groupes définis sur cette figure comprennent les sites précisés dans la table et indiqués sur la figure 1.

Volcanisme récent de l'Ardèche. Analyse statistique des données ; résultats pour chaque site

SITE	Nombre d'échantillons utilisés N( )	Déclinaison (°Est) D	Inclinaison (°bas) I	Paramètre de précision k	Cercle de confiance a95	Ecart angulaire SD	P.G.V. LAT	P.G.V. LONG
Groupe I								
B 1	4 (2)	326.4	53.2	277	5.5	4.9	62.0	262.9
B 7	4	324.4	57.5	271	5.6	4.9	62.7	272.9
B 9	4	329.0	58.3	620	3.7	3.3	66.4	271.2
B 10	7	326.4	57.8	506	2.7	3.6	64.3	272
B 11	4	323.9	53.4	639	3.6	3.2	60.4	265.6
B 13	3	325.1	55.8	-	-	-	62.4	268.9
B 14	4	332.1	51.4	541	4.0	3.5	64.9	253.6
B 15	3 (3)	324.1	56.3	-	-	-	62.0	270.7
PR 1	7 (3)	327.1	57.5	192	4.4	5.8	64.7	270.8
9 sites	9	326.5	55.7	780	1.8	2.9	63.4	267.5
Groupe 2								
B 1	5 (2)	13.7	44.6	462	3.6	3.8	68.5	148.7
B 3	4	22.9	39.5	65	11.5	10.1	60.9	136.5
B 4	4	25.6	43.2	613	3.7	3.3	61.6	129.0
B 5	3 (3)	13.9	43.0	-	-	-	67.3	149.8
B 7	4	17.7	39.5	203	6.5	5.7	63.4	145.3
B 8	4 (4)	15.1	43.7	555	3.9	3.4	67.3	146.7
B 12	6	19.2	37.8	1095	2.0	2.4	61.7	143.9
7 sites	7	18.4	41.7	356	3.2	4.3	64.5	142.3

N nombre total d'échantillons utilisés dans la statistique (cylindres + cubes)
( ) nombre de specimens cubiques
D déclinaison en degré Est
I inclinaison en degré vers le bas
k meilleure estimation du paramètre de précision (FISHER)
a95 cercle de confiance (FISHER), rayon exprimé en degré
SD écart type angulaire, s'exprime par : $SD^2 = \frac{1}{N-1} \sum j^2$, où j est l'angle entre la direction moyenne du site et la j ième direction
PGV coordonnées du pôle géomagnétique Sud virtuel (hypothèse du dipole géocentrique)

seulement 47. Pour la période historique nous avons exprimé k à partir d'une analyse récente de données archéomagnétiques faites par MARTON (6) ; on trouve une valeur de 155. En utilisant les données de E. THELLIER (8) pour cette même période (0-2000 ans) on trouve 158. Nous sommes donc loin d'avoir ici affaire à des intervalles de temps portant sur des dizaines de millénaires (a fortiori l'hypothèse d'un volcanisme s'étendant sur la période de BRUNHES (0-700 000 ans) est à exclure.

Il faut noter que des écarts plus importants au dipole axial que ceux indiqués ici par les directions moyennes des 2 groupes ont été observés dans les laves de la Chaîne des Puys, chaîne témoin de l'épisode inversé du Laschamp (7).

(1) E. BERGER, R. BROUSSE, G. DELIBRIAS et R. MAURY.-
C.R.Ac.Sc., à paraître.

(2) R. BROUSSE, G. DELIBRIAS, J. LABEYRIE, A. RUDEL.-
Bull.Soc.Geol. de France, XI, 1969, p. 7886.

(3) R. DOELL - Earth and Planetary Science Letters, 8, 1970, p. 352-362.

(4) E. THELLIER - Methods and Techniques in Geophysics, 2, 1966, p. 205-247.

(5) R. FISHER - Proc. Roy. Soc., A, 217, 1953, p. 295-305.

(6) P. MARTON - Pure and applied geophysics, 81, 1970, IV, p. 166-175.

(7) N. BONHOMMET - Palaeogeophysics, 1970, p. 159-163.

(8) E. THELLIER - Géophysique, La Pléiade, p. 235-376.

3. Chronologie relative

La chronologie relative des appareils a été discutée à l'occasion de chaque chapitre. J'ai montré par exemple que la coulée du Ray Pic est antérieure à la coulée initiale de la Gravenne de Montpezat (chap. IV), que la coulée du Souillol est postérieure à celle du Ray Pic (chap. VI) mais antérieure à celle de Jaujac (chap. VII). J'ai également montré que la coulée du Chambon était postérieure aux dernières coulées de la Gravenne de Montpezat (chap. IV) qui sont elles-mêmes postérieures à l'édification du cône qu'elles égueulent.

La synthèse de toutes ces données est présentée dans la figure jointe. Tout n'est pas résolu et, bien au contraire, les résultats, sans être véritablement contradictoires, n'en sont pas moins quelquefois surprenants. Ainsi, le Suc de Bauzon appartient au premier épisode éruptif, pourtant son état de fraîcheur remarquable inciterait plutôt à le situer dans le même groupe que la Coupe de Jaujac (2e épisode). La contradiction n'est peut être qu'apparente. En effet, le Suc de Bauzon est situé sur le plateau, loin du niveau de base océanique alors que les autres appareils appartiennent au bassin méditerranéen au niveau de base tout proche.

En conclusion, la coulée de la Coupe de Jaujac (second épisode) est le dernier évènement éruptif de l'Ardèche. On peut situer sa mise en place à moins de 11 700 ans puisqu'elle est

postérieure à la coulée datée du Souillol. D'autres mesures seraient néanmoins nécessaires pour préciser l'âge des cônes et étayer les résultats de chronologie relative obtenus.

-:-